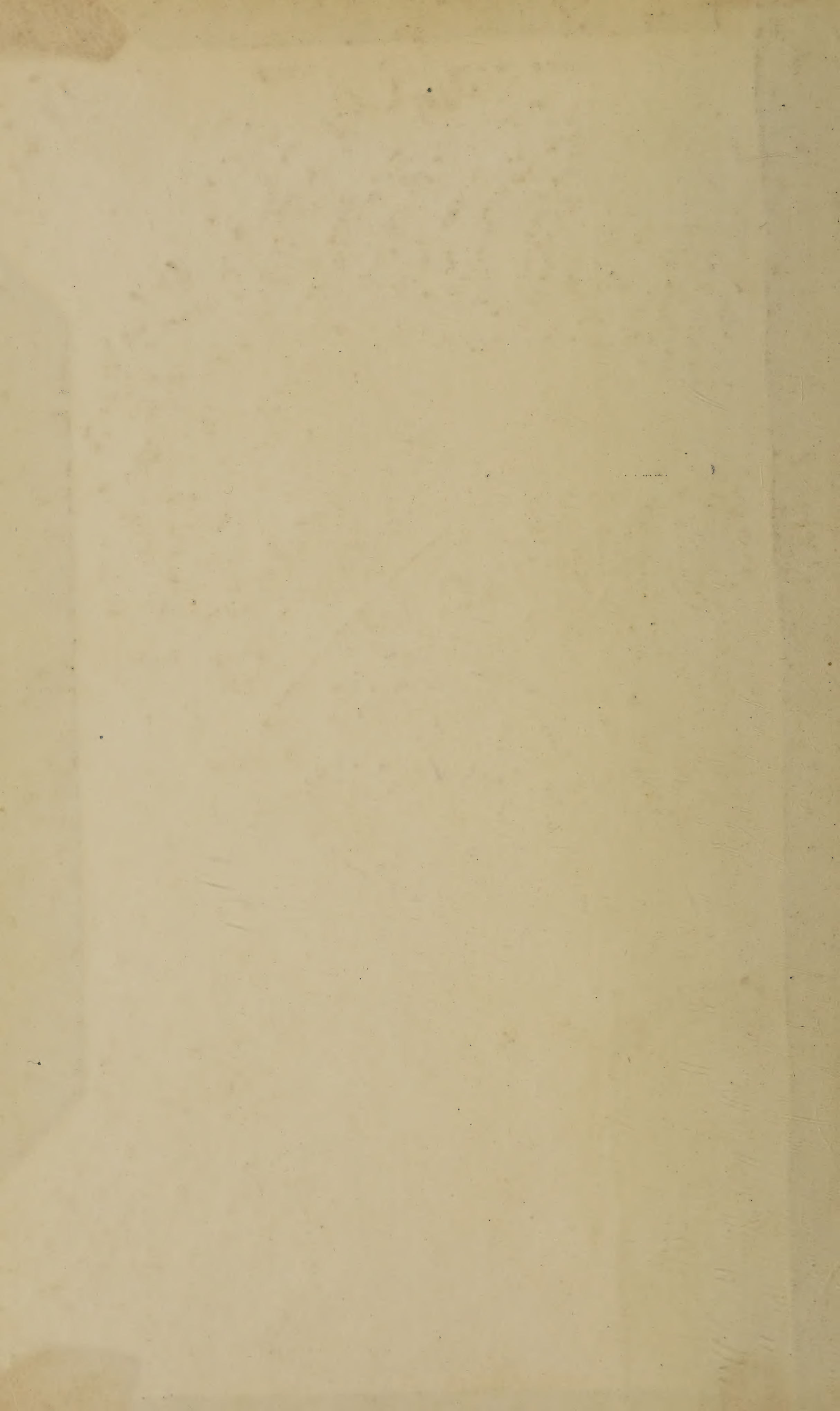
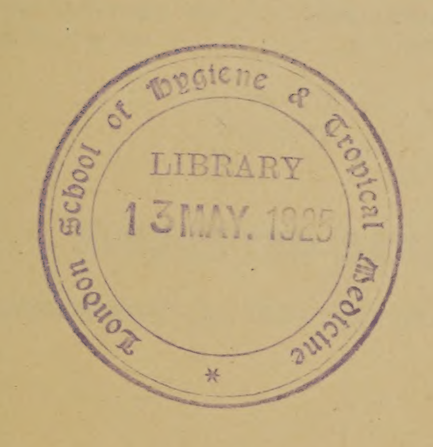





London School of Hygiene & Tropical Medicine
LIBRARY
13 MAY. 1925

ZEITSCHRIFT

FÜR

HYGIENE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. R. KOCH,
O. Ö. PROFESSOR UND DIRECTOR
DES HYGIENISCHEN INSTITUTES DER
UNIVERSITÄT BERLIN,

UND

DR. C. FLÜGGE,
O. Ö. PROFESSOR UND DIRECTOR
DES HYGIENISCHEN INSTITUTES DER
UNIVERSITÄT BRESLAU.

SIEBENTER BAND.

MIT ABBILDUNGEN IM TEXT UND FÜNF TAFELN.



LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1889.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhalt.

[Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.]

Das Schicksal der pathogenen Mikroorganismen im todten Körper.

Von

Dr. E. v. Esmarch.

Mit der wachsenden Kenntniss von den biologischen Eigenschaften der pathogenen Bacterien beginnt sich auch mehr und mehr das Dunkel zu lichten, das den Infectionsmodus vieler Krankheiten des thierischen Körpers uns verbarg. Durch Züchten der Mikroorganismen ausserhalb des Thierkörpers auf künstlichen Nährböden gelang es uns, Anhaltspunkte zu gewinnen einerseits für eine sichere Vernichtung der Keime, eine wissenschaftliche Desinfection, andererseits auch für den wahrscheinlichen Infectionsweg, die Art und Weise, wie eine Infectionskrankheit auf das Individuum übertragen wird, entweder direct von Individuum zu Individuum, oder durch ein Medium anderer Art, wie Luft, Wasser oder Nahrungsmittel.

Bei manchen Infectionskrankheiten wird, wie wir das jetzt schon mit Sicherheit sagen können, der eine oder der andere Weg vollkommen ausgeschlossen sein. So wird z. B. die Cholera nicht durch die Luft übertragen werden können, da wir wissen, dass der Bacillus der Cholera in trockenem Zustande sehr bald zu Grunde geht. In Wasser, auf feuchten Medien, Wäsche u. s. w. hält er sich dagegen bekanntlich länger und von hier aus wird auch wohl gewöhnlich die Infection ihren Ausgang nehmen. In ganz ähnlicher Weise wird vermuthlich ebenfalls der Typhusbacillus in unseren Körper gelangen. Man hat ja auch schon in verdächtigem Wasser beide Bacterienarten gefunden und sehr häufig den Weg, wie dieselben in das Wasser gelangten (Wäsche, undichte Senkgruben), mit Sicherheit oder grosser Wahrscheinlichkeit nachweisen können. Andererseits kennen wir Bacterien, welche ein Austrocknen, ohne abzusterben,

mehr oder weniger lange Zeit, sehr gut ertragen; es sind das vor Allem die sporenbildenden Bacillen, aber auch Kokken, wie z. B. die des Eiters, welche letztere ohne Zweifel uns aller Orten umgeben. Hier wird eine Infection durch Staubinhalation oder Berührung einer Wunde mit Schmutz und Staub, der jene Keime enthält, hervorgerufen werden können.

Wir wissen dann ferner, dass faulende organische Stoffe, stagnirende Abwässer und auch der gewöhnliche cultivirte Boden sehr häufig verschiedene Arten pathogener Bacterien in ungeheurer Anzahl zu enthalten pflegen; ich erinnere hier nur an die Bacillen des Tetanus oder des malignen Oedems, sowie an die der Hühnercholera, der Kaninchen- und Mäusesepticämie.

Wie und wann dieselben an diese Stellen gelangt sind, können wir vor der Hand noch nicht mit Sicherheit sagen, es liegt aber nahe, als gelegentlichen Ausgangspunkt den Thierkörper zu vermuthen. In den meisten Organen eines an einer Bacterienkrankheit verendeten Thieres ist die betreffende Bacterienspecies in Tausenden von Exemplaren in Reincultur enthalten; wir können uns denken, dass sich diese Bacterien bald nach dem Tode des Thieres noch weiter vermehren, Sporen bilden, bei dem Zerfall der Organe in das umgebende Erdreich gelangen und von da in den Strom des versickernden Tagewassers oder auch direct in freie Wasserläufe, wenn der betreffende Cadaver in der Nähe oder gar in dem Wasser selbst fault, wie das ja des Oefteren vorkommt. — Dass Stellen, an denen solche Thiere ausgeweidet, resp. abgehäutet sind, den Infectionsstoff noch längere Zeit beherbergen, ist besonders für Milzbrand mit Sicherheit nachgewiesen worden.[1]

Aber schon lange, ehe diese Thatsachen bekannt waren, und ehe man überhaupt die Bacterien als Infectionsträger von Krankheiten kennen gelernt hatte, hat man gegen die Orte, wo Fäulnissproducte und insbesondere Leichen in grösserer Menge zusammengebracht wurden, ein Misstrauen gehabt und vorzüglich das Ab- und Grundwasser, das von solchen Plätzen stammte, für sehr gefährlich und geeignet zur Weiterverbreitung von Krankheiten gehalten. Stützen sich doch auf diese Ansicht als ein Hauptargument mit für die Zweckmässigkeit ihrer Methode die Anhänger der Leichenverbrennung.

Wie natürlich, liegen auch schon eine ganze Reihe von Untersuchungen über diesen Gegenstand vor, aber fast alle haben zu dem Resultate geführt, dass die eben erwähnten Befürchtungen anscheinend grundlos sind. — So war z. B. Baginsky[2] nicht im Stande, einen einzigen sicher be-

---

[1] Frank, Ueber Milzbrand. *Diese Zeitschrift.* Bd. I. S. 369 ff.

[2] Baginsky, *Leichenverbrennung vom Standpunkt der Hygiene.* Berlin 1874.

weisenden Fall zu entdecken, wo durch die Nähe von Kirchhöfen Epidemieen entstanden sind, und er giebt an, dass die Untersuchung der Brunnen der Berliner Kirchhöfe, von Paasch im Jahre 1865 ausgeführt, ein auffallend gutes Verhalten derselben ergab. — Wernher[1] führte sogar eine Reihe von Untersuchungen an, die in verschiedenen Städten gemacht wurden, und bei welchen sich das Kirchhofsbrunnenwasser viel reiner als das der übrigen Brunnen erwies. Zu dem gleichen Resultat kam Müller,[2] der ausserdem noch ein sehr vollständiges Verzeichniss von Arbeiten giebt, die alle die Unschädlichkeit der Kirchhöfe beweisen; nur eine einzige Untersuchung von Zülzer[3] ist darunter, in der gesagt ist, dass in der Nachbarschaft der in Berlin liegenden und benutzten Kirchhöfe und auf dem davon abfallenden Terrain der Typhus in den Jahren 1863 bis 1867 besonders zahlreiche Opfer gefordert hat.

Doch ist in späteren Sanitätsberichten über Berlin[4] ein Einfluss der Begräbnissplätze auf Entstehung und Verbreitung des Darmtyphus nicht nachzuweisen gewesen.

Neuerdings und mit Berücksichtigung der oben erwähnten Forschungen über die Entstehung der Infectionskrankheiten sind, soviel ich in Erfahrung bringen konnte, diese Untersuchungen nicht wiederholt worden, und doch ist die Sache wohl wichtig genug, um nochmals Gegenstand exacter Nachforschung zu werden. — Dass wir in der That lebende Infectionsträger in unzählbarer Menge mit vielen Leichen in den Boden versenken, ist nunmehr sicher erwiesen; was aber aus ihnen wird, ob sie sich weiter vermehren oder bald ihre Virulenz und Leben verlieren, darüber liegen, wie schon oben angedeutet, noch wenig wissenschaftliche Aufzeichnungen vor. Eine Ausnahme hiervon macht nur der Milzbrand, über dessen Schicksal in dem Cadaver der gefallenen Thiere wir ausser durch die Arbeiten von Koch und Pasteur besonders auch durch Untersuchungen von Feser Kenntniss erhalten haben. Ich werde nachher noch Gelegenheit haben, auf dieselben zurückzukommen. Was die übrigen Bacterien anbetrifft, so fand z. B. Gaffky, dass sich die Bacillen des malignen Oedems, die sich beim Tode kleinerer mit demselben inficirter Thiere regelmässig im Innern des Körpers nur auf den serösen Ueberzügen der verschiedenen Organe vorfinden, noch nach dem Tode vermehren und nun in die Organe hinein zu wuchern vermögen. Fränkel und Simonds

---

[1] Wernher, *Die Bestattung der Todten.* Giessen 1880.

[2] Müller, *Schädigen die Kirchhöfe die Gesundheit der Lebenden?* Dresden 1887.

[3] Zülzer, *Einfluss der Fäulnissproducte von Kirchhöfen auf die Erzeugung von Krankheiten.* Berlin 1870 (Hirschwald).

[4] Pistor, *Generalbericht über das Medicinal- und Sanitätswesen von Berlin.* 1882 und 1883—85.

stellten fest, dass die Typhusbacillen, die sich in kleinen Nestern bei dem Tode des Menschen in der Milz finden, sich mit Wahrscheinlichkeit vermehren, wenn man die Organe einige Zeit noch nach dem Tode liegen lässt. V. Galtier[1] konnte mit dem Hirn eines an Lyssa gestorbenen Hundes, nachdem derselbe 16 Tage begraben gewesen war, noch durch Impfung Lyssa bei einem zweiten Hunde hervorrufen. — Alle diese Beobachtungen sprechen dafür, dass nach dem Lebensende des Wirthes das Ende der schmarotzenden Bacterien durchaus noch nicht so bald erfolgt, jedenfalls fordern sie wohl auf, der Sache weiter auf den Grund zu gehen, und zu diesem Zwecke habe ich denn die nachstehend näher beschriebenen Untersuchungen unternommen.

Ich habe dabei möglichst die natürlichen Verhältnisse nachzuahmen versucht, um so auch möglichst praktisch verwerthbare Resultate zu erhalten. So wurden zunächst Thiere, und zwar ausschliesslich Mäuse, Meerschweinchen und Kaninchen, mit den verschiedenen pathogenen Bacterien inficirt und nach erfolgtem Tode, nachdem die Todesursache durch ein Deckglaspräparat constatirt war, theils an der Luft, theils in der Erde und im Wasser weiter liegen gelassen. Wie es in der Natur der Sache lag, erstreckten sich die Versuche über einen längeren Zeitraum (ich begann mit denselben im Sommer 1886 und setzte sie bis in den letzten Sommer hinein fort); es konnte somit der Einfluss der Temperatur auf den Fortgang der Leichenfäulniss ebenfalls mit in Betracht gezogen werden. Einige Male habe ich auch Cadaver in den Brütschrank gesetzt, um sehr schnell die intensivsten Fäulnisserscheinungen künstlich hervorzurufen.

Da es möglicher Weise nicht gleichgültig sein konnte, in welcher Tiefe die Leichen in die Erde versenkt wurden, habe ich auch in dieser Beziehung die Bedingungen möglichst zu variiren versucht. Es wurden nämlich in den auf dem Hofe des hygienischen Instituts befindlichen Kesselbrunnen seitlich in die Wand in 1 bis 2 und 3^{m} Tiefe horizontale Schächte von 25^{cm} lichter Weite im Quadrat und 1^{m} Tiefe angelegt. Die Wände wurden durch vielfach durchlöcherte Bretter gebildet und die Oeffnung nach dem Brunnen zunächst mit einem dicken Ballen Werg und darauf mit einer Eisenplatte dicht verschlossen. In diese Schächte wurden nun die Cadaver entweder in kleinen Holzkästen oder in irdenen Blumentöpfen, die wiederum entweder leer oder auch ihrerseits noch mit Erde angefüllt waren, beigesetzt, und liessen sich auf diese Weise natürlich zu jeder Zeit Proben von den Cadavern bequem entnehmen. Um das Faulen im Wasser zu beobachten, wurden die Cadaver in grössere Glasgefässe

---

[1] *Pariser Akademie der Wissenschaften.* Sitzung im Januar u. Februar 1888.

voll Leitungswasser eingesenkt; in einzelnen Fällen wurde durch fortdauernden Zufluss für eine stetige Erneuerung des Wassers gesorgt.

Das Schicksal der pathogenen Bacterien in den Cadavern wurde nun in folgender Weise zu eruiren gesucht. Nach bestimmter Zeit wurden den Cadavern kleine Theile von den Organen, in denen sich die Bacterien beim Tode des Thieres in grosser Menge gefunden hatten, oder, wenn diese Organe wegen vorgeschrittener Fäulniss nicht mehr zu erkennen waren, von verschiedenen Stellen der Bauch- und Brusthöhle, sowie von der Umgebung derselben entnommen und zunächst gefärbte Ausstrichpräparate in bekannter Weise davon hergestellt. Diese Untersuchung konnte nur im Anfang der Fäulniss, oder wenn sich, wie es zuweilen vorkam, die specifischen Bacterien nach dem Tode des Thieres noch weiter in ungeheurer Zahl vermehrt hatten, zu einem positiv verwerthbaren Resultate führen. In der allergrössten Mehrzahl der Fälle stellten sich schon sehr bald nach dem Tode die verschiedensten Arten der Fäulnissbacterien in den Organen ein, machten der pathogenen Species die erfolgreichste Concurrenz, und ein jeder Bacteriologe wird wissen, dass es unter diesen Umständen kaum möglich ist, mit Sicherheit unter den unzähligen anderen die gesuchte Art herauszufinden, wenn sie nicht eben durch verschiedene Färbbarkeit, wie z. B. die Tuberkelbacillen, in markanter Weise zu differenziren ist.

Es wurde daher die mikroskopische Untersuchung mittelst Deckglaspräparat auch hauptsächlich zu dem Zweck unternommen, um für die zweite Untersuchungsreihe, die Cultur, einen Anhaltspunkt zu geben. Das Culturverfahren, zu dem natürlich das Koch'sche Plattenverfahren gewählt wurde, bietet, wenn es richtig angewendet wird, in der That ein ausgezeichnetes Mittel, um in einem Bacteriengemisch das Vorkommen einer bestimmten Art nachzuweisen, und zeigt uns namentlich, in welchem Verhältniss diese Art zu den anderen Arten in dem Untersuchungsobject enthalten ist. Um das Verfahren aber richtig anzuwenden, d. h. besonders um die Menge des Ausgangsmaterials, die Anzahl und Herstellung der Verdünnungsplatten von vornherein richtig zu wählen, ist ein vorher angefertigtes mikroskopisches Präparat unerlässlich, dieses giebt und gab auch mir stets den Anhaltspunkt, wieviel der Organmasse ich in die erste Gelatine bringen musste, und zeigte mir, wie es kommen konnte, dass in einzelnen Fällen auf den Platten keine einzige Colonie sich zeigen wollte. — So trefflich sich nun aber auch das Plattenverfahren zur Erzielung einer Reincultur eignet, wird es doch noch, wenn es sich um das Aufsuchen einer Bacterienart handelt, die schon in kleinsten Mengen für Thiere pathogen ist, durch die Thierimpfung übertroffen. Die Thierimpfung ist in diesen Fällen ganz entschieden sowohl das Be-

quemste, wie auch das sicherste Mittel, den Nachweis zu liefern, dass die gesuchte Bacterie noch vorhanden und virulent ist, und ich habe daher auch niemals, wo es angängig war, d. h. wo es sich um solche schon in kleinster Dosis virulente Bacterien handelte, verabsäumt, ein Thier mit den zur Untersuchung kommenden Organstücken zu impfen; die angeführten Versuche werden zeigen, wie nöthig diese Impfung in vielen Fällen gewesen ist.

Natürlich lag mir daran, eine möglichst grosse Anzahl der bisher bekannten für Thier und Mensch pathogenen Bacterien in den Bereich meiner Untersuchungen zu ziehen, und ich habe daher im Ganzen mit neun verschiedenen Arten von Bacterien experimentirt. Leider erwies es sich als unmöglich, auch den Typhusbacillus in die Reihe der anderen mit aufzunehmen; derselbe ist ja, in geringer Menge in den Thierkörper eingebracht, selten oder niemals pathogen, und demgemäss konnte ich mir auch von vornherein von der Thierimpfung keinen positiven Erfolg versprechen.

Eine vereinzelte Typhuscolonie aber auf der Gelatineplatte unter zahllosen Fäulnisscolonieen mit Sicherheit herauszufinden, halte ich vor der Hand für eine Unmöglichkeit; die Bacillen zeigen auf unseren bisher gebräuchlichen Plattennährböden so wenig Charakteristisches, so viel Aehnlichkeit mit den Colonieen der verschiedensten anderen Bacterienarten, dass es in der That die Zeit und Arbeitskraft eines Einzelnen übersteigt, jede Verdacht erregende Colonie herauszufischen und auf die Kartoffelscheibe zu bringen, wo ja allerdings die Unterscheidung eine leichtere ist.

Die Angabe von Chantemesse, wonach durch Zusatz von etwas Carbolsäure zu der Gelatine das Wachsthum der anderen Bacillen gehindert, das der Typhusbacillen aber nicht gestört wird, hat sich nach Versuchen, die im hiesigen hygienischen Institut angestellt wurden, doch nicht als so sicher herausgestellt. Gewiss aber wäre es mit Freuden zu begrüssen, wenn ein derartiges leichteres Unterscheidungsmittel gefunden würde.

Ich gehe nun zur Beschreibung der einzelnen Versuchsreihen über und will nur noch im Voraus bemerken, dass nach der Probeentnahme aus den Cadavern diese sofort wieder an ihren alten Platz zurückgesetzt wurden, um die Bedingungen, unter denen die Fäulniss oder Verwesung in den einzelnen Fällen vor sich ging, möglichst ohne Unterbrechung weiter einwirken zu lassen. Das Plattenverfahren wurde in der von mir angegebenen Modification als Gelatinerolle angewendet, einmal wegen der Zeitersparniss bei der Anfertigung derselben, die bei der grossen Anzahl der anzufertigenden Rollplatten keine unbeträchtliche war, sodann um die

ausgesäten Partikel länger auf Colonieenentwickelung hin beobachten zu können, und drittens endlich um bei Sterilbleiben der Röllchen noch später den Versuch machen zu können, ob nicht vielleicht anaërob wachsende Keime zur Entwickelung kommen würden; es wurde dann etwa 14 Tage nach der Anfertigung der Rolle der Mittelraum des Reagensglases mit Gelatine ausgegossen, und das hatte allerdings in einigen Fällen den positiven Erfolg, dass nunmehr unter Luftabschluss noch Colonieenentwickelung eintrat.

Ich begann meine Untersuchungen mit Thieren, welche an dem Bacillus der Mäusesepticämie zu Grunde gegangen waren; derselbe ist ja allerdings für den menschlichen Organismus anscheinend nicht pathogen, hat aber im mikroskopischen Deckglaspräparat ein so charakteristisches Aussehen, dass ich hoffte, in diesem Falle mit dem Mikroskop und dem Plattenverfahren allein auskommen zu können. Die folgenden Versuche zeigen aber, dass dies doch nicht möglich war.

Bacillen der Mäusesepticämie.

Maus in feuchter Kammer bei Zimmertemperatur gehalten.

Nach 34 Tagen. Stark stinkend, Brustinhalt in braungraue schmierige Masse verwandelt. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt zahllose, meist sehr feine Bacillen, zum Theil mit endständigen Sporen.

b) 3 Rollen; in ihnen wachsen selbst in der zweiten Verdünnung noch zahllose Fäulnisscolonieen. M.-S. aber nicht zu erkennen.

c) Maus geimpft, stirbt nach 4 Tagen an M.-S.

d) Eine Aufschwemmung von den Organen in steril. Wasser 5 Min. lang auf 75° erhitzt, dann davon:

e) 3 Rollen, in denen noch zahlreiche Fäulnisscolonieen wachsen, aber bedeutend weniger wie in b.

f) Maus geimpft, die gesund bleibt.

Es waren also in dem Cadaver jedenfalls noch virulente Mäusesepticämiebacillen vorhanden, wenn sich auch auf der Platte keine charakteristischen Colonieen mehr entwickelt hatten. Ob im mikroskopischen Präparat die sporenhaltigen feinen Bacillen als Mäusesepticämie anzusprechen sind, erscheint sehr zweifelhaft, wir müssten sonst annehmen, dass die Sporen der Mäusesepticämie eine bedeutend geringere Widerstandskraft gegen höhere Temperaturen haben als sämmtliche anderen bisher bekannten Bacillensporen.

Maus in Holzkästchen am 6. Juli 1886 1^m tief in den Brunnenschacht gesetzt. Temperatur 14·4° C.

Nach 6 Tagen. Maus schon ziemlich in Fäulniss übergegangen, stinkend. Vom Herzblut:

a) Deckglaspräp., zeigt zahllose Kokken und Bacillen der verschied. Art.

b) Maus damit geimpft, stirbt nach 3 Tagen an M.-S.

Nach 91 Tagen. Cadaver modrig riechend, ganz mit weissem Schimmel überzogen. Leber noch als graurothe schmierige Masse erkennbar, ebenso der Darm. Von beiden:

a) Deckglaspräparat, zeigt nur formlosen Detritus und vereinzelt Bacillen verschiedener Art.

b) 2 Rollen; ziemlich viel Fäulnisscolonieen, keine M.-S.

c) Maus geimpft, stirbt nach 5 Tagen an M.-S.

Maus wie die vorige 3^m tief im Brunnen. Temperatur 11·8° C.

Nach 6 Tagen. Cadaver ganz wie der vorige. Von der grünschwarzen stinkenden Leber:

a) Deckglaspräparat; neben anderen Bacillen und Kokken auch anscheinend noch viel M.-S.

b) 2 Rollen; neben Fäulniss auch mehrfache Mäusesepticämie-Colon.

c) Maus geimpft. Stirbt nach 4 Tagen an M.-S.

Nach 98 Tagen. Cadaver ganz ähnlich wie der vorige. Das Deckglaspräparat zeigte viele verschiedene Kokken und Bacillen. In den Rollen wuchsen viele Fäulnisscolonieen, dagegen keine M.-S. Maus geimpft, starb nach 4 Tagen an M.-S.

Mäusecadaver unter Luftabschluss im Exsiccator gehalten. Zimmertemperatur.

Nach 14 Tagen. Cadaver ziemlich stark stinkend. Innere Theile in starker Fäulniss. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt zahlreiche Bacterien aller Art.

b) In 2 Rollen wachsen zahllose Colonieen, die die Gelatine schnell verflüssigen, M.-S. nicht zu entdecken.

In 2 Verdünnungen jedoch wachsen Fäulniss- und Mäusesepticämie-Colonieen etwa in gleicher Anzahl.

Mäusecadaver in ein Glas mit feuchter schwarzer Gartenerde im Freien hingestellt bei Sommertemperatur, gelegentliche Benetzung durch Regen.

Nach 76 Tagen aufgegraben. Erde ziemlich trocken, etwas modriger Geruch derselben. Maus theilweise mumificirt, einzelne Theile nicht mehr zu erkennen. Reste mit 5^{ccm} Bouillon verrieben. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt zahlreiche Bacterien aller Art.
b) 2 Rollen gemacht; in ihnen viele Colonieen, aber keine M.-S.
c) Maus $0 \cdot 2$ ccm unter die Haut injicirt, bleibt gesund.

5 Mäusecadaver, 2 davon an Milzbrand, 3 an Mäusesepticämie gestorben, in ein Glas mit Sand vergraben und im Sommer an die Luft gestellt.

Nach 75 Tagen aufgegraben. Sand um die Mäuse etwas feucht, Mäuse wenig riechend, innere Organe nicht mehr zu erkennen. Sämmtliche Mäuse werden zerkleinert und mit sterilis. Wasser zusammen verrieben. Davon:
a) Deckglaspräparat, viele Bacillenfäden und Kokken.
b) 2 Rollen gemacht, nur Fäulnisscolonieen zu erkennen.
c) 2 Mäusen je $0 \cdot 2$ ccm unter die Haut gebracht, sterben beide am 5. Tag an Mäusesepticämie. (Die Milzbrandbacillen waren also jedenfalls schon zu Grunde gegangen, da im anderen Falle die beiden Mäuse schon früher an demselben hätten sterben müssen.)

Mäusecadaver in ein Mäuseglas mit feuchter Gartenerde vergraben und in den Brütschrank gestellt bei $37 \cdot 5^{0}$ C.

Nach 8 Tagen aufgegraben. Erde nur dicht bei der Maus nach Fäulniss stinkend. Maus vollständig zerfallen, Haare und Knochen in einer schmierigen Masse liegend. Davon:
a) Deckglaspräparat, viele grosse und kleine Bacillen und Sporen.
b) Maus geimpft, ist am 6. Tag anscheinend krank, erholt sich aber am folgenden Tage vollkommen wieder.

Mäusecadaver ganz so wie der vorige behandelt.

Nach 11 Tagen aufgegraben. Befund ganz so wie im vorigen Fall.
a) Deckglaspräparat, zeigt besonders viele Sporen.
b) Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver in nassem Lehm in einem Mäuseglas fest eingedrückt und mit Lehm hoch bedeckt. Derselbe öfter mit sterilem Wasser befeuchtet und in den Brütschrank gestellt.

Nach 18 Tagen aufgegraben. Lehm ziemlich trocken, von der Maus nur Haare, Knochen und etwas braune Masse übrig, wenig Geruch, von den Resten Aufschwemmung mit steriler Bouillon gemacht. Davon:
a) Deckglaspräparat, zeigt zahllose Bacterien mit und ohne Sporen.
b) 2 Rollen, in ihnen wachsen zahllose Colonieen. M.-S. aber nicht zu finden.

c) Maus 0·3 ccm der Aufschwemmung subcutan injicirt, stirbt nach 3 Tagen an Mäusesepticämie.

Mäusecadaver in ein Glas mit Leitungswasser versenkt. Das Wasser wird nicht erneuert und bei Zimmertemperatur im Sommer gehalten.

Nach 2 Tagen. Wasser getrübt. Maus etwas stinkend, Organe noch roth, von Herzblut:

a) Deckglaspräparat, M.-S. gut gefärbt, dazwischen auch dickere Bacill.

b) 2 Rollen sind nach 2 Tagen durch verflüssigende Colonieen unbrauchbar geworden. M.-S. nicht zu erkennen gewesen.

c) Maus geimpft, stirbt nach 3 Tagen an M.-S.

Nach 8 Tagen. Wasser sehr stinkend. Kahmhaut darauf. Maus gedunsen, stinkend, Herz und Leber hellgrau. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt viele grosse und kleine Bacillen mit und ohne Sporen, wenig Kokken. M.-S.-Bacillen anscheinend sehr vermehrt.

b) Maus geimpft, stirbt nach 5 Tagen an M.-S.

Nach 21 Tagen. Wasser stark stinkend, Maus ebenfalls; Haut brüchig, Eingeweide in einen grauen Brei verwandelt, in dem die Knochen lose liegen. Davon:

a) Deckglaspräparat, zahllose Bacterien der verschiedensten Art mit und ohne Sporen.

b) 2 Rollen, sind bald durch Fäulnisscolonieen verflüssigt.

c) Maus geimpft, stirbt nach 7 Tagen an M.-S.

Nach 27 Tagen. Wasser sieht ganz grün aus, Maus bis auf Haut und die Knochen macerirt, letztere lose an der Haut hängend, von dem Inneren nur Spuren zu entdecken. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt die verschiedensten Bacterienformen.

b) Maus geimpft, stirbt nach 8 Tagen an M.-S.

Das Glas wird nunmehr mit etwa 1 Liter Wasser Inhalt in's Freie gestellt und das verdunstende Wasser nicht mehr erneuert.

Nach 99 Tagen. Wasser vollkommen ausgetrocknet, Maus am Boden des Glases liegend, mit grüner Schlammkruste überzogen, wenig riechend, Knochen und Haut noch erhalten, dieselben umhüllen das Innere der Maus, das aus einem rosa Pulver besteht. Reste der Maus mit 10 ccm Bouillon verrieben. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt die verschiedensten Bacterienformen.

b) 2 Rollen; in ihnen wachsen viele Colonieen und zwar besonders eine weinrothe, die isolirt und als Spirillum rubrum im *Centralblatt für Bacteriologie*, Jahrg. 1887, beschrieben worden ist. Von M.-S. nichts zu entdecken.

c) Maus mit 0·3 ccm subcutan geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver bei Zimmertemperatur in fliessendes Leitungswasser gelegt.

Nach 6 Tagen. Wasser klar, Maus gedunsen, Haut mit Gasblasen bedeckt, stinkend, Leib aufgetrieben, Organe blassgrauroth. Von der Leber:

a) Deckglaspräparat, zahllose Bacterien der verschiedensten Art.

b) Maus geimpft, stirbt nach 5 Tagen an M.-S.

Nach 13 Tagen. Maus stark gebläht, stinkend, Haut macerirt, leicht abziehbar in Fetzen, Leber grauroth. Davon:

a) Deckglaspräparat, worin die verschiedensten Bacterienformen mit und ohne Sporen in grosser Anzahl zu sehen sind.

b) Maus geimpft, stirbt nach 6 Tagen an M.-S.

Nach 20 Tagen. Wasser klar. Maus sieht genau wie vor 8 Tagen aus, auch der Deckglasbefund ist derselbe.

Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver in ein Wasserglas mit ein pro Mille Sublimat gelegt im Zimmer stehen gelassen.

Nach 16 Tagen. Wasser trübe, stinkend, Maus gedunsen, stinkend, Haare leicht abgehend, theilweise Muskeln schon macerirt, in der Brusthöhle blutig-seröse Flüssigkeit. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt zahllose Bacillen jeder Grösse, z. Th. mit schönen Sporen, auch viel M.-S.

b) 3 Rollen, 1 Original und 2 Verdünnungen gemacht. Original rasch zerflossen, in der ersten Verdünnung mehrfache Fäulniss- und M.-S.-Colonieen, in der zweiten Verdünnung 1 Fäulniss- und 2 M.-S.-Colonieen.

Wie ersichtlich, war in diesen Fällen das Schicksal der pathogenen Bacterien abhängig von den Fäulnissbedingungen, in die der betreffende Cadaver versetzt wurde. Während in den Mäusecadavern, die in die Erde versenkt, dort einem langsamen Vermoderungsprocess ausgesetzt waren, die Virulenz der Bacillen noch nach über 90 Tagen nachgewiesen werden konnte, enthielten die Cadaver, welche im Wasser gelegen hatten, wo der Zersetzungsprocess ein ungleich schnellerer gewesen war, nach derselben Zeit und mit Wahrscheinlichkeit auch schon sehr viel früher keine virulenten Bacillen mehr. Das gleiche war bei der Maus der Fall, die in

Erde vergraben in den Brütschrank gesetzt war; hier konnte bereits nach 8 Tagen keine Spur des pathogenen Bacillus mehr aufgefunden werden. An und für sich betrachtet erscheint mir ein so schnelles Zugrundegehen des Bacillus der Mäusesepticämie, wie es hier eintrat, bemerkenswerther zu sein, als das lange Virulentbleiben in den ersten Fällen. Der Bacillus der Mäusesepticämie ist zuerst von Koch durch Verimpfung von faulendem Blut gezüchtet worden, wird sich also vermuthlich öfter als Saprophyt in faulenden organischen Abfällen einfinden und dieselben als guten Nährboden benutzen; er braucht ferner sehr wenig Sauerstoff zu seiner Existenz, wir wissen, dass er auch in der Tiefe der Stichcultur gut zu wachsen vermag, und doch geht er nach ziemlich kurzer Zeit bereits bei lebhafter Leichenfäulniss zu Grunde; worauf dies mit Wahrscheinlichkeit beruht, möchte ich nachher noch weiter erörtern. — Eine andere Frage ist, ob denn die Mäusesepticämie in meinen Fällen, wo sie nicht mehr nachgewiesen werden konnte, auch wirklich vollständig zu Grunde gegangen war. Wenn ich mich nur auf das Mikroskop oder die Gelatineplatte verlassen hätte, hätte ich dies nicht mit Sicherheit behaupten dürfen, allein in der Thierimpfung haben wir meiner Meinung nach ein so feines und sicheres Reagens (auch nach den kleinsten Mengen eingeimpfter virulenter Substanz gehen die Mäuse stets zu Grunde), dass wir demselben ohne Weiteres vertrauen dürfen. Ich habe nun stets in diesen, wie auch in den später angeführten Fällen von den Cadavern aus den verschiedensten Stellen desselben kleine Stückchen entnommen, dieselben mit einander vermengt und nun eine Menge, so gross etwa wie eine Erbse, dem betreffenden Thiere unter die Haut gebracht. Diese für gewöhnliche Verhältnisse ja ganz colossale Menge von Impfstoff musste, wie ich glaube, wenigstens doch einige virulente Bacterien enthalten, wenn in dem betreffenden Cadaver noch überhaupt solche zu finden waren.

Ich füge hieran gleich noch eine Beobachtung über den Bacillus des Schweinerothlaufs, der ja in Aussehen und Cultur dem der Mäusesepticämie so ähnlich ist, dass wir in ihm einen nahen Verwandten desselben vermuthen dürfen. Auch in diesem Falle zeigt er ein dem anderen analoges Verhalten, indem er nach fast dreimonatlichem Verweilen in der Leiche noch sich als virulent erwies.

Bacillen des Schweinerothlaufs.

Mäusecadaver 17. Juli 1886 in einem Holzkästchen in den Brunnenschacht 3^{m} tief gelegt. Temperatur 12·3° C.

Nach 88 Tagen. Cadaver hat einen modrigen Geruch, ist feucht

und macerirt, Knochen aus ihren Verbindungen gelöst, im Bauche eine graue schmierige Masse. Davon:

a) Deckglaspräparat, viele Kokken, Bacillen und Sporen, auch ganz feine Bacillen.

b) 2 Rollen; im Original zahllose Fäulnisscolonieen, in der Verdünnung ausserdem mehrfache Rothlaufcolonieen.

c) Maus geimpft, stirbt nach 4 Tagen an Schweinerothlauf.

Mit dem nun folgenden Milzbrandbacillus wurde eine grössere Anzahl von Versuchen angestellt; derselbe ist von allen bekannten pathogenen Mikroorganismen wohl am genauesten hinsichtlich seiner Lebens- und Wachsthumsbedingungen studirt, sodass sich schon aus den vorhandenen Beobachtungen nach mancher Richtung hin von vornherein ein Schluss auf das Schicksal desselben im Cadaver machen liess. Trat z. B. Sporenbildung der Milzbrandbacillen ein, so konnte mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden, dass auch nach längerer Zeit noch dieselben sich als lebend erweisen würden; so befindet sich in der Sammlung des hygienischen Instituts milzbrandsporenhaltiges Hammelblut aus dem Jahre 1872, das zu dem virulentesten Impfstoff gehört, den wir kennen; allerdings wird dieses Blut in durchaus trockenem Zustande aufbewahrt und es ist die Frage, ob die Sporen sich auch so lange gehalten hätten, wenn dies nicht der Fall gewesen wäre; es wurden daher auch nach dieser Richtung hin ein Paar nachstehend angeführte Versuche gemacht.

Allein in den meisten Fällen kommt es im Cadaver überhaupt zu gar keiner Sporenbildung der Milzbrandbacillen, wie das ja schon früher beobachtet worden ist und auch aus meinen Versuchen wieder mit Evidenz hervorgeht. Es ist das auch ganz natürlich und leicht zu erklären; wie wir aus den Culturen im Reagensglas wissen, tritt Sporenbildung nur nach einer gewissen Erschöpfung des Nährbodens und zweitens nur bei Zutritt von Sauerstoff ein. Letzteres ist aber natürlich beim Cadaver unter natürlichen Verhältnissen ausgeschlossen, wenn nicht eben Körperhöhlen weit geöffnet und milzbrandhaltige Organe längere Zeit an der freien Luft der Fäulniss ausgesetzt sind. So konnte ich z. B. an einer Milzbrandmeerschweinchenleber, die mehrere Tage lang in einer flachen Glasschale an freier Luft gefault hatte, nachweisen, dass sich auf der Oberfläche des Organes reichliche Milzbrandsporen gebildet hatten, dass aber an der unteren Seite, wo die Leber dem Glase dicht aufgelegen hatte, nicht eine Spur von virulentem Milzbrand mehr zu finden war; es konnte also dort auch keine Sporenbildung stattgefunden haben. Um nun bei meinen Cadaverversuchen eine solche Sporenbildung, die ja den gewöhnlichen Verhältnissen in der Leiche nicht entsprochen haben würde, mög-

lichst auszuschliessen, verfuhr ich bei der Entnahme von Probestücken aus den Milzbrandcadavern stets mit besonderer Vorsicht; die Haut wurde nur in gerade nöthiger Weite durchschnitten und gleich, nachdem ein Probestück aus der Bauch- oder Brusthöhle entnommen war, mit ein Paar Nähten sorgfältig wieder geschlossen, und so ist es denn auch anscheinend geglückt, eine Sporenbildung in jedem Falle zu verhindern. Es beweist das ja am Besten die kurze Lebensdauer des Milzbrandes, die in allen Fällen gefunden wurde.

Milzbrandbacillen.

Mäusecadaver im Sommer im Freien an der Luft liegen gelassen.

Nach 1 Tag. Cadaver ziemlich unverändert. Von der Leber:

a) Deckglaspräparat, zeigt die Milzbrandbacillen zum Theil zu längeren aber segmentirten Fäden ausgewachsen.

b) In zwei Rollen wächst fast nur Milzbrand.

c) Maus geimpft, stirbt am folgenden Tag an Milzbrand.

Nach 5 Tagen. Cadaver stinkend. Bauchdecken eingefallen. Leber aber noch von guter Farbe. Davon:

a) Deckglas; zeigt sehr viele verschiedene Arten von Kokken, Bacillen und Sporen, vielleicht auch Milzbrand darunter.

b) In zwei Rollen wuchsen neben anderen auch mehrfache Milzbrandcolonieen.

c) Maus geimpft, stirbt nach 2 Tagen.

Nach 79 Tagen. Maus ziemlich eingetrocknet. Leber in eine dunkle syrupartige zähe Masse verwandelt. Davon:

a) Deckglaspräparat; nur wenig Bacillen, die sich schlecht färben. Sporen nicht zu entdecken.

b) 2 Rollen gemacht; es wächst in den nächsten 8 Tagen nichts, nun werden die Rollen mit Gelatine ausgefüllt, und jetzt tritt am Grunde der Rollen zahlreiche Colonieenbildung mit Gasentwickelung auf.

c) 2 Rollen, die vor dem Erstarren 5 Minuten lang auf 70° erhitzt wurden, verhalten sich ganz so wie die vorigen, nur dass die Anzahl der Colonieen eine bedeutend geringere ist.

d) Maus ein erbsengrosses Stück unter die Haut gebracht, bleibt gesund.

Mäusecadaver in ein Glas in den Eisschrank gesetzt (Durchschnittstemperatur 4° C.).

Nach 18 Tagen: Cadaver stinkend, Bauchdecken grün, Leber und Milz graugrün, schmierig, zerfliessend. Davon:

a) Deckglaspräparat, in beiden Organen keine gut gefärbten Bacterien zu finden.

b) 2 Rollen gemacht; in ihnen wachsen ziemlich viel Colonieen, besonders eine weisse und eine gelbe Art, Milzbrand aber nicht zu entdecken.

c) Maus geimpft, stirbt nach 4 Tagen an Milzbrand.

Nach 40 Tagen. Cadaver mit weissem Schimmel bedeckt, Bauchinhalt stinkend, schmierig, Organe nicht mehr deutlich zu erkennen. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt zahlreiche verschiedene Kokken u. Bacillen.

b) 2 Rollen, in ihnen zahllose Fäulnisscolonieen, Milzbrand nicht zu entdecken.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver im Eisschrank, wie der vorige.

Nach 21 Tagen. Cadaver etwas eingetrocknet, innere Organe noch ziemlich gut erhalten, wenig riechend. Von der Milz:

a) Deckglaspräparat, zeigt nur Detritusmassen, keine gut gefärbten Bacterien.

b) 2 Rollen, in denen viel verflüssigende Bacterien wachsen, Milzbrand nicht zu entdecken.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver in ein Glas in den Brütschrank bei 37° C. gestellt.

Nach 3 Tagen. Cadaver stark riechend, zum Theil schon zerfallend, Milz in grosse, blauschwarze schmierige Masse verwandelt. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt viele verschiedene Bacillen, Milzbrand anscheinend auch dazwischen, aber nur ganz blass gefärbt.

b) 2 Rollen, zahlreiche Fäulnisscolonieen, Milzbrand nicht zu entdecken.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver. 13. Juli 1886 in den Brunnenschacht in 2^m Tiefe eingelegt. Temperatur 13·5° C.

Nach 76 Tagen. Cadaver mit Schimmel übersponnen und zum Theil auch im Inneren durchsetzt davon. Dumpfig, modrig riechend, von den Organen kaum etwas noch zu erkennen, von der Leber anscheinend noch Reste. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt viele verschiedene Bacillen und Sporen.

b) In zwei Rollen wachsen zahlreiche Fäulnisscolonieen, Milzbrand nicht zu entdecken.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Meerschweincadaver. 12. Juli 1886 in einem Blumentopf 1^{m} tief in den Brunnenschacht gestellt. Temperatur 14·4° C.

Nach 2 Tagen. Meerschwein etwas riechend, sonst fast unverändert. Von der Leber:

a) Deckglaspräparat, zeigt viele Milzbrandbacillen, aber nicht alle mehr gut gefärbt, vereinzelt auch andere Bacillen und Kokken.

b) 2 Rollen, in ihnen neben anderen auch ziemlich viele Milzbrandcolonieen.

c) Meerschwein geimpft, stirbt nach 3 Tagen an Milzbrand.

Nach 85 Tagen. Cadaver stinkend, Bauchdecken eingefallen, Leber und Milz bilden graurothe schmierige Massen, auch die anderen Organe noch zu erkennen. Von der Milz:

a) Deckglaspräparat, zeigt ziemlich viel Bacillen in Fäden, auch freie Sporen und Bacillen mit dicken Sporen an einem Ende.

b) 2 Rollen, in denen viele Colonieen wachsen, Milzbrand darunter nicht zu erkennen.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Von der stinkenden schwarzen Sandschicht am Grunde des Topfes, die mit Secret aus dem Meerschwein durchsetzt ist:

a) Deckglaspräparat, zeigt die verschiedensten Bacterienarten, auch Sporen.

b) In 2 Rollen reichliches Wachsthum von verschiedenen Bacterienarten, eine gelbe gasbildende Colonie häufig.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Meerschweincadaver. 12. Juli 1886 in einem Blumentopf 3^{m} tief in den Brunnenschacht gestellt. Temperatur 11·8° C.

Nach 93 Tagen. Cadaver stark stinkend, macerirt, Muskeln in schmierige, hellbraune Massen verwandelt, ebenso im Inneren nur graue schmierige Massen; die einzelnen Organe sind noch eben zu erkennen. Von der Leber:

a) Deckglaspräparat, zeigt zahllose Bacillen und viele grosse Sporen.

b) 2 Rollen; es wachsen zahlreiche Colonieen, aber kein Milzbrand.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Von der Muskelmasse:

a) Deckglaspräparat, }
b) 2 Rollen, } zeigen genau dieselben Bilder wie die Leberpräparate und Rollen.

Von der schwarzen stinkenden Erde aus dem Grunde des Blumentopfes:

a) Deckglaspräparat, zeigt zahllose verschiedene Arten von Kokken, Bacillen und Sporen.

b) In 2 Rollen wachsen nur zahllose Fäulnisscolonieen.

c) Maus geimpft, stirbt nach 7 Tagen an Mäusesepticämie, deren Ursprung nicht mit Sicherheit zu eruiren ist.

Nach 695 Tagen. In dem Blumentopf nur noch ein Rest brauner schmieriger Masse, wenig stinkend. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt zahllose Bacillen, Kokken und Sporen der verschiedensten Art, auch einzelne zarte Spirillen.

b) In 2 Rollen wachsen die verschiedensten Colonieen, weder Milzbrand noch Mäusesepticämie darunter zu finden.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver in trockenem Sand vergraben und im Sommer in's Freie gesetzt.

Nach 4 Tagen ausgegraben. Cadaver stinkend, Bauchdecken von Haut entblösst und blaugrün, Leber grauroth, matsch. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt sehr viele verschiedene Formen von Kokken und Bacillen und vereinzelte Sporen.

b) Maus geimpft, stirbt nach 4 Tagen an Mäusesepticämie, wie sich aus Deckglaspräparaten und von Blut angefertigten Rollen erwies; Milzbrand wurde dabei nicht gefunden; woher die Infection stammt, ist nicht zu eruiren.

Mäusecadaver in häufig befeuchteten Sand vergraben und im Sommer in's Freie gesetzt.

Nach 4 Tagen ausgegraben. Maus und Sand in der Umgebung stinken; Fäulniss etwas mehr vorgeschritten, wie im vorigen Fall. Von der Leber:

a) Deckglas, ganz dasselbe Bild wie bei der vorigen Maus.

b) Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver in nassen Sand vergraben und in's Freie gesetzt. Juli 1886.

Nach 5 Tagen ausgegraben. Befund ganz wie im vorigen Fall, ebenso das Deckglaspräparat und 2 von Lebersubstanz angefertigte Rollen. Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver Juli 1886 in nasse schwarze Gartenerde vergraben. Temperatur 19° C.

Nach 6 Tagen ausgegraben. Erde in der Umgebung mässig feucht, modrig riechend, Maus stinkend, in starker Fäulniss begriffen. Von der dunkelbraunrothen Milz:

a) Deckglaspräparat, zeigt die verschiedensten Bacterien in grosser Menge.

b) Zwei Rollen werden durch Fäulnisscolonieen schnell verflüssigt.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver 16. Juli 1886 in einem Blumentopf voll Sand vergraben, 2 ^{m} tief in den Brunnenschacht gestellt. Temp. 13·5° C.

Nach 76 Tagen ausgegraben. Cadaver fast ganz mit Schimmel bedeckt und modrig riechend, innere Organe nicht mehr deutlich zu unterscheiden. Von einem graugelben trockenen Stück, wahrscheinlich die Leber:

a) Deckglaspräparat, zeigt nur vereinzelte Bacillen und Sporen.

b) 2 Rollen gemacht; in ihnen wachsen nur Fäulnisscolonieen in ziemlicher Anzahl.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Sehr grosses Kaninchen, in dessen sämmtlichen Organen sehr viel Milzbrandbacillen sich finden, wird 1 ^{m} tief in die Erde versenkt. 12. März 1887. Temperatur 7° C.

Nach 23 Tagen. Cadaver äusserlich noch kaum verändert, nicht riechend, ebenso die inneren Organe nur etwas graubraun verfärbt. Von der Leber:

a) Deckglaspräparat, zeigt zahlreiche Arten von Bacterien, viele Bacillen, wie Milzbrand aussehend.

b) 2 Rollen gemacht; in ihnen wachsen sehr viele Colonieen, die die Röllchen verflüssigen, ohne dass Milzbrand dazwischen entdeckt werden konnte.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Meerschweincadaver 17. Juli 1886 in einen Blumentopf voll Sand vergraben und 1 ^{m} tief in den Brunnenschacht gestellt. Temperatur 14·7° C.

Nach 80 Tagen. Cadaver ausgegraben, stark macerirt, stinkend, Haut brüchig, Muskeln theilweise in Leichenwachs verwandelt, innere Organe zum Theil noch gut erkennbar, Leber in braunen Brei verwandelt, Herz eine schwarzgrüne Masse, Sand in der Umgebung feucht, schwarz und stinkend. Von der Leber:

a) Deckglaspräparat, zahlreiche verschiedene Bacillen mit und ohne Sporen.

b) In 2 Rollen reichliche Fäulnisscolonieen, Milzbrand nicht zu entdecken.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Von dem stinkenden Sand:

a) Deckglaspräparat, zeigt sehr viele Kokken, Bacillen und Sporen.

b) 2 Rollen, in denen nur zahlreiche Fäulnisscolonieen wachsen.

c) Maus geimpft, stirbt nach 5 Tagen an Mäusesepticämie. (Auf dem Blumentopf hatte ein Mäusecadaver mit M.-S. gelegen.)

Nach 700 Tagen. Cadaver vollkommen zerfallen, ausser Knochen und Haaren nichts mehr zu erkennen, diese liegen in einem mit Sand vermischten wenig stinkenden schwarzen Schlamm. Davon:

a) Deckglas, zeigt zahllose Bacterien mit und ohne Sporen der verschiedensten Art.

b) In 2 Rollen wachsen zahllose Fäulnisscolonieen.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver in ein Glas mit Wasserleitungswasser bei Zimmertemperatur hingestellt.

Nach 7 Tagen. Wasser trübe, stinkend, mit Kahmhaut bedeckt, Mäusecadaver in starker Fäulniss, aufgebläht; Milz blass-grauroth, matsch. Davon:

a) Deckglaspräparat, zahllose Bacterien der verschiedensten Art.

b) Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver in einem Glase Wasser im Sommer in's Freie gestellt. Temperatur 16° C.

Nach 1 Tag. Wasser klar. Cadaver noch ziemlich unverändert. Von der Leber:

a) Deckglaspräparat, zeigt reichliche gut gefärbte Milzbrandbacillen, dazwischen auch vereinzelte Kokken und vielleicht andere etwas kleinere Bacillen noch.

b) In 2 Rollen wächst fast ausschliesslich Milzbrand.

c) Maus geimpft, stirbt am folgenden Tag, sehr viel Milzbrandbacillen in allen Organen.

Nach 2 Tagen. Wasser trübe, Mäusecadaver noch nicht stinkend, Leber noch ziemlich normal aussehend. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt ziemlich viel Milzbrandbacillen, zum Theil gut, zum Theil ganz blass gefärbt, vereinzelte andere Bacillen dazwischen.

b) In 2 Rollen wachsen reichliche Milzbrandbacillen, dazwischen aber auch viele Fäulnisscolonieen.

c) Meerschwein geimpft, stirbt nach 2 Tagen; es finden sich ungeheuer viel Milzbrandbacillen im Blut.

Nach 5 Tagen. Wasser und Cadaver stark stinkend. Maus gebläht, Leber hellgrauroth und etwas matsch. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt sehr viele verschiedene Bacillen und Kokken, vielleicht auch Milzbrand dazwischen.

b) In 2 Rollen wachsen sehr viel Fäulnisscolonieen, Milzbrandbacillen dazwischen nicht zu entdecken.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Nach 7 Tagen. Maus in voller Fäulniss, Milz blauschwarz, weich und matschig. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt viele Bacillen mit Sporen, ob Milzbrand dazwischen, ist nicht zu entscheiden.

b) In 2 Rollen wachsen nur zahlreiche Fäulnisscolonieen.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Was zunächst bei den eben angeführten Versuchen in's Auge fällt, ist die sehr viel kürzere Zeit, in welcher gegenüber den Bacillen der Mäusesepticämie und des Schweinerothlaufs der Milzbrand in dem Cadaver abgestorben ist. In einem einzigen Falle zeigt sich derselbe noch am 18. Tage nach dem Tode des Wirthes lebend und virulent, in der Regel scheint aber ein sehr viel früheres Zugrundegehen einzutreten. Ein sehr wesentliches Moment hierbei spielt jedenfalls die Fäulniss, tritt dieselbe sehr früh und intensiv ein, wird auch der Milzbrand sehr viel schneller untergehen, was sich besonders deutlich in dem Falle zeigte, wo der Cadaver in den Brütschrank gesetzt worden war. Besonderes Interesse muss es auch erregen, dass in der den Cadaver umgebenden Sand- oder Erdschicht niemals virulenter Milzbrand gefunden werden konnte, trotzdem dieselbe, da sie sich schwarz und stinkend zeigte, ohne Zweifel mit Abgängen aus dem Cadaver dicht durchsetzt war; dagegen wurde ein Paar Mal der Bacillus der Mäusesepticämie gefunden, ohne dass in jedem Falle die Herkunft desselben ermittelt werden konnte.

Im Wasser, wo die Thiere in der Regel ganz bedeutend schneller faulig zerfallen und wo das Auftreten von fremden Bacterien in den einzelnen Körpertheilen sehr viel zeitiger erfolgt, war demgemäss der Milzbrand auch schon am fünften Tag aus dem Cadaver verschwunden. Erwähnenswerth ist dann noch, dass in einem Fall der Versuchsreihe, nachdem der Cadaver 79 Tage lang an der Luft gefault hatte, sich im Inneren des Cadavers anscheinend keine einzige Bacterienart mehr lebend vorfand, die unter gewöhnlichen Umständen zum Weiterwachsen geeignet war; erst als der Sauerstoff in den Gelatinerollen vollständig durch Ausgiessen der hohlen Mitte abgesperrt war, zeigte es sich, dass doch noch Bacterien, wenn auch nur solche, die bei Luftabschluss sich weiter entwickeln können, am Leben waren.

Wesentlich ändert sich die Sache, wenn in dem Cadaver der Milzbrand nicht in der Form der Bacillen, sondern in Sporen enthalten ist; es dürfte das allerdings nur in Ausnahmefällen unter natürlichen Verhältnissen vorkommen; jedoch, wenn etwa der Cadaver einige Tage an der Luft gefault hat, ehe er verscharrt wurde, so können wir uns immerhin denken, dass, wo Milzbrandbacillen während dieser Zeit mit der Luft in Berührung kamen, auch Sporen gebildet wurden.

Dies veranlasste mich zu einigen Versuchen, die ich hier anreihen will.

Milzbrandsporen.

In ein apfelgrosses frisches Stück Fleisch werden in die Mitte Milzbrandsporen gebracht, das Fleisch dann wieder zusammengeklappt und mit Bindfaden zusammengehalten, sodann das Ganze in Wasser bei Stubentemperatur aufbewahrt.

Nach 17 Tagen. Wasser und Fleisch in voller Fäulniss. Aus dem Inneren des Fleisches:

a) Deckglaspräparat, zeigt zahllose verschiedene Arten von Bacillen und Sporen, sodass Milzbrand nicht mit Sicherheit daraus erkannt werden kann.

b) 3 Rollen, in denen viele Fäulnisscolonieen wachsen, Milzbrand aber nicht darunter zu finden.

c) Maus geimpft, stirbt nach 2 Tagen an Milzbrand.

In die Bauchhöhle von 2 Mäusecadavern werden einige Milzbrandsporenseidenfäden versenkt, die Cadaver sodann in ein Glas mit sterilem Sande eingegraben, in den Brütschrank gesetzt und zeitweise mit Wasser befeuchtet.

Nach 18 Tagen. Sand feucht, etwas stinkend, besonders in der Nähe der Mäuse; von den Cadavern nur Haare, Knochen und die Seidenfäden übrig. Von letzteren:

a) Deckglaspräparat, zeigt nur zahllose Sporen, ob nur Milzbrand, ist nicht zu entscheiden.

b) In zwei Rollen wachsen viele Fäulnisscolonieen, die Alles schnell verflüssigen.

c) Maus geimpft, stirbt nach 2 Tagen an Milzbrand.

Milzbrandbacillen wären unter gleichen Verhältnissen natürlich mit Sicherheit zu Grunde gegangen; wir können also wohl annehmen, dass es zu einem Auskeimen der Sporen nicht gekommen war.

Ganz ähnliche Versuche mit Milzbrandcadavern sind nun schon, wie bereits oben kurz erwähnt, früher von Feser[1] angestellt worden. Derselbe untersuchte Cadaver von Schafen, Ziegen, Rindern und Pferden, die in dem Boden in verschiedener Tiefe verscharrt, nach bestimmter Zeit wieder aufgegraben wurden. Der Nachweis von Leben und Virulenz der Milzbrandbacillen wurde ebenfalls durch Impfungen von Cadaverresten auf andere Thiere festzustellen gesucht; dieselben ergaben, trotzdem unter anderen darunter eine Ziege schon 4 Tage, eine Kuh 7 Tage und eine andere 9 Tage nach dem Einscharren wieder aufgegraben und untersucht wurden, sämmtlich ein negatives Resultat bis auf einen Fall, in welchem ein Schaf 14 Tage lang im Winter bei einer Temperatur von 6 bis 8⁰ C. im Boden gelegen hatte.

Es schliessen sich also meine Resultate diesen vorausgegangenen in jeder Beziehung an, trotzdem die Grösse der Versuchsthiere ja eine beträchtlich andere war, letztere scheint demnach keine wesentliche Rolle bei dem Untergange der pathogenen Mikroorganismen zu spielen.

Es folgt jetzt eine Anzahl von Versuchen, die mit dem Bacillus der Hühnercholera angestellt wurden.

Hühnercholera.

Mäusecadaver im Zimmer an der Luft aufbewahrt.

Nach 11 Tagen. Cadaver süsslich widerlich riechend, Haare leicht abgehend, Bauchdecken grünlich verfärbt, Leber in grauröthlichen Brei verwandelt. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt Bacillen verschiedener Art, auch in Fäden, ob Hühnercholera dazwischen, ist nicht zu sagen.

b) In 3 Rollen wachsen zahllose Fäulnisscolonieen, Hühnercholera dazwischen nicht zu entdecken.

c) Maus geimpft, ist am anderen Morgen an Hühnercholera gestorben.

Nach 24 Tagen. Cadaver fast noch wie vor 14 Tagen, langsam fortschreitende Fäulniss. Von der Leber:

a) Deckglaspräparat, man sieht nur Detritusmassen, keine gut gefärbten Bacterien dazwischen.

b) In 3 Rollen mehrfache Colonieenbildung, aber nur eine Art Bacillen, blasse Colonieen, die unter Gasentwickelung wachsen.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

---

[1] Feser, Untersuchungen und Versuche mit vergrabenen Milzbrandcadavern. *Deutsche Zeitschrift für Thiermedicin und vergl. Pathologie* und *Der Milzbrand auf den oberbayerischen Alpen.* 1877.

d) 3 Rollen gemacht, die 5 Minuten auf 60° erhitzt wurden; in ihnen wächst nichts.

e) Eine zweite Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver in den Eisschrank gestellt bei etwa 4° C.

Nach 35 Tagen. Cadaver in mässiger Fäulniss, Leber matsch, aber von gut rother Farbe. Davon:

a) Deckglas, zeigt nur wenig Bacillen und Sporen, erstere grösser wie Hühnercholera.

b) Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver in ein Glas mit nassem Sand vergraben und im Zimmer hingestellt.

Nach 34 Tagen. Sand um den Cadaver herum feucht, dunkel, zusammenklebend; von der Maus selbst nur noch Knochen und schwarze, trockene Massen übrig. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt viele Bacillen einzeln und in Fäden, auch Sporen und eine Hefenart.

b) In 2 Rollen wachsen zahllose Colonieen, die die Gelatine rasch verflüssigen.

c) Maus geimpft, stirbt nach 4 Tagen an Hühnercholera.

Nach 67 Tagen. Cadaver und Sand ganz trocken, von ersterem nur noch einzelne Reste als schwarze Brocken zu erkennen. Damit: Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver in ein Mäuseglas mit Wasser gelegt, Wasser nicht erneuert. Temperatur ca. 17° C.

Nach 24 Tagen. Wasser furchtbar stinkend, starke Kahmhaut auf dem Wasser, Maus ganz macerirt, beim Herausnehmen zerfallend, im Inneren eine grauröthliche Masse. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt viele grosse Bacillen mit endständigen Sporen.

b) In 3 Rollen wachsen zahllose Colonieen, die die Rollen bald verflüssigen, darunter häufig Proteus mirabilis.

c) Maus geimpft, stirbt nach 3 Tagen an Hühnercholera.

Nach 54 Tagen. Wasser furchtbar stinkend, von der Maus nur Fetzen übrig, nichts mehr deutlich zu erkennen. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt zahlreiche verschiedene Bacillen und viele Sporen.

b) 2 Rollen, in ihnen wachsen zahllose Fäulnisscolonieen.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Es war wohl von vornherein zu erwarten, dass der Bacillus der Hühnercholera sich länger im Cadaver halten würde, als der des Milzbrandes, treffen wir ihn doch häufiger in der Natur in faulenden Flüssigkeiten, Abwässern u. s. w. Indessen zeigen die Versuche doch, dass seine Lebensfähigkeit im Cadaver auch nur eine begrenzte ist, dass er sich wohl noch 3 bis 4 Wochen nach dem Tode des Thieres auch in den stark faulenden Wasserleichen vorfindet, aber nach dieser Zeit doch bald daraus verschwindet und wohl zu Grunde geht. Durch Rolle oder Mikroskop konnte er kein einziges Mal nachgewiesen werden, was bei dem wenig charakteristischen Aussehen im mikroskopischen Bilde sowohl, wie in der Colonie nicht weiter Wunder nimmt; hier bewährte sich wiederum das Thier als bestes Reagens für seinen Nachweis.

Tetragenus.

Mäusecadaver bei Zimmertemperatur an der Luft stehen lassen.

Nach 9 Tagen. Beginnende Fäulniss, Leib gedunsen, Bauchdecken grün, stinkend. Leber grauroth. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt viel charakteristischen Tetragenus, dazwischen Bacillen in kurzen Fäden.

b) Maus geimpft, stirbt nach 5 Tagen an Tetragenus.

Nach 104 Tagen. Cadaver ziemlich trocken, faul stinkend; innere Organe nicht mehr deutlich zu erkennen. Davon:

a) 2 Rollen gemacht, in ihnen wächst nichts, auch nicht, nachdem dieselben 8 Tage später mit Gelatine vollgefüllt worden waren.

b) Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver 13. Juli 1886 in einer Holzschachtel 1^m tief im Brunnenschacht deponirt. Temperatur $14 \cdot 4^0$ C.

Nach 84 Tagen. Cadaver modrig riechend, vollkommen mit weissem Schimmel überzogen, Leber noch als graurothe schmierige Masse erkennbar, andere Organe dagegen nicht mehr. Von der Leber:

a) Deckglaspräparat, zeigt nur Detritus und viele glänzende Sporen, aber keine Bacillen oder Kokken.

b) In 2 Rollen wachsen nur zahlreiche Fäulnisscolonieen.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver in fliessendes Wasser gehängt. Temp. 17^0 C.

Nach 5 Tagen. Cadaver stinkend, in voller Fäulniss, über der Haut noch ein schleimiger Ueberzug. Von der blassrothen Leber:

a) Deckglaspräparat, lässt neben vielen anderen Kokken und Bacillen auch noch gut gefärbten Tetragenus erkennen.

b) Maus geimpft, ist einige Tage unruhig und sieht struppig aus, erholt sich aber dann wieder vollkommen.

Mäusecadaver bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

Nach 35 Tagen. Cadaver etwas trocken, widerlich riechend, von den inneren Organen kaum noch etwas zu erkennen. Von Leber und Nieren:

a) Deckglaspräparat, zeigt ausser vielen anderen Bacterien auch noch zahlreich gut gefärbten Tetragenus.

b) Maus geimpft, bleibt gesund.

Der Micrococcus tetragenus, der ja auch für den Menschen unter Umständen pathogen zu sein scheint und daher unser Interesse beansprucht, wurde deshalb zu den Untersuchungen gewählt, um auch eine Kokkenart auf ihr Verhalten in dem Cadaver zu prüfen. Sämmtliche andere für Menschen pathogene Kokken, wie die Staphylokokken der Wundeiterung, oder die Streptokokken des Erysipels, die Gonokokken u. s. w. eigneten sich nicht zum Versuche, da sie nur in grösserer Menge oder auch gar nicht, auf Thiere verimpft, ihre pathogene Wirkung äussern, und somit der Hauptheil der Untersuchung, die Thierimpfung, keinen richtigen Aufschluss gegeben hätte. Wie aus der vorstehenden Versuchsreihe zu ersehen, ist auch dem Micrococcus tetragenus eine nur relativ kurze Lebensdauer über den Tod seines Wirthes hinaus beschieden; merkwürdig war, dass in dem einen Falle der Inhalt des Mäusecadavers sich als vollständig steril erwies, selbst die Probe auf das etwaige Vorhandensein anaërober Bacterienarten hatte ein negatives Resultat.

Malignes Oedem.

Mäusecadaver im Zimmer an der Luft aufbewahrt.

Nach 24 Tagen. Cadaver ziemlich trocken, süsslich widerlich riechend, Leber in dunkelroth braune Masse von dicker Syrupconsistenz verwandelt. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt nur Detritus, sonst keine Bacterien, vielleicht vereinzelte Sporen.

b) 1 Rolle, in derselben wachsen nach langer Zeit einige Fäulnisscolonieen.

c) 2 Rollen gefüllt mit Gelatine, in denselben wachsen zahlreiche Colonieen mit Gasentwickelung, die vermuthlich malignes Oedem sind; eine Maus damit geimpft, bleibt aber gesund.

d) Maus geimpft, bleibt gesund.

Meerschweincadaver im Eisschrank aufbewahrt. Temp. ca. 4° C.

Nach 3 Tagen. Cadaver noch ziemlich frisch aussehend, starkes Oedem am Bauch. Von dort:

a) Deckglaspräparat, zeigt die verschiedensten Arten von Bacterien, auch anscheinend viel malignes Oedem dabei.

b) Rolle, halb mit Gelatine gefüllt: Im oberen Theil viel Fäulnisscolonieen, im unteren auch malignes Oedem dazwischen.

c) Maus geimpft, stirbt nach 1 Tag an malign. Oedem.

Von der Leber, die noch fast ganz frisch aussieht:

d) Deckglaspräparat, zeigt vereinzelt Bacillen, ähnlich wie malignes Oedem.

e) Rolle, halbgefüllt; es wachsen vereinzelte Fäulnisscolonieen und ebenso welche von malignem Oedem.

f) Maus geimpft, stirbt am nächsten Tage an malign. Oedem.

Der Cadaver wird nun in's Freie gesetzt, wo fortdauernd eine Temperatur unter 0° herrscht.

Nach 18 Tagen. Cadaver total gefroren und noch ziemlich unverändert. Von dem Oedem unter der Haut:

a) Maus geimpft, stirbt am folgenden Tage an malign. Oedem.

Mäusecadaver an der Luft im Zimmer aufbewahrt.

Nach 10 Tagen. Maus in Fäulniss übergehend, widerlich riechend. Innere Organe noch ziemlich gut erhalten. Von der Leber:

a) Deckglaspräparat zeigt viele Bacillen mit endständigen Sporen und freie Sporen.

b) 2 Rollen gefüllt und 2 ungefüllt, in allen zahllose Fäulnisscolonieen, malign. Oedem nicht mit Sicherheit zu constatiren.

c) Maus geimpft, stirbt nach 2 Tagen an malign. Oedem.

Nach 17 Tagen. Cadaver in voller Fäulniss, widerlich süsslich riechend; innere Organe noch zu erkennen. Mit der Leber:

a) Maus geimpft, stirbt nach 2 Tagen an malign. Oedem.

Nach 37 Tagen. Cadaver ziemlich vertrocknet, Organe im Inneren nicht deutlich mehr zu erkennen. Mit einer schwarzen Masse aus der Lebergegend:

a) Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver an der Luft im Zimmer aufbewahrt.

Nach 149 Tagen. Maus ganz vertrocknet, widerlich süsslich riechend. Innere Organe in zähe gelbe schmierige Masse verwandelt. Davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt nur formlosen Detritus, vielleicht Sporen dazwischen, aber keine Bacillen.

b) In 2 Rollen wachsen vereinzelt Schimmel- und Bacteriencolonieen.

c) Maus geimpft, bleibt gesund.

Mäusecadaver in ein Glas mit sterilisirter Erde vergraben und im Zimmer aufbewahrt; von Zeit zu Zeit mit sterilisirtem Wasser begossen.

Nach 163 Tagen. Erde ziemlich trocken, oberflächlich mit Schimmel bedeckt, der sorgfältig entfernt wird. In der Nähe der Maus etwas modrig riechend. Cadaver selbst ganz vertrocknet, Inneres in weissgraues Pulver zerfallen. Davon:

a) 2 Rollen gemacht, in denen ziemlich viel Schimmel und Bacteriencolonieen wachsen.

b) Maus geimpft, stirbt nach 3 Tagen an malign. Oedem.

Von der Erde dicht bei dem Cadaver:

a) 2 Rollen gemacht, in denen sich zahllose Schimmel- und Bacteriencolonieen entwickeln.

b) Maus geimpft, bleibt gesund.

Von der Erde etwas weiter ab von der Maus:

a) 2 Rollen, in denen bedeutend weniger Colonieen sich zeigen.

Mäusecadaver in ein Glas mit Wasser bei Zimmertemperatur gesetzt.

Nach 14 Tagen. Wasser furchtbar stinkend, trübe. Cadaver in voller Fäulniss. Innere Organe ziemlich matsch. Damit und mit Unterhautzellgewebe:

Maus geimpft, stirbt nach 2 Tagen an malign. Oedem.

Mäusecadaver in Wasser bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

Nach 6 Tagen. Starke Fäulniss, Cadaver beginnt zu zerfallen. Leber und Milz theilweise in Leichenwachs verwandelt. Damit Maus geimpft, stirbt nach 2 Tagen an malign. Oedem.

Nach 67 Tagen. Weiter fortgeschrittene Fäulniss, Cadaver aber noch im Zusammenhang, auch innere Organe noch zu erkennen, fast vollkommen in Leichenwachs umgebildet. Von Leber und Milz:

a) Deckglaspräparat, zeigt zahlreiche verschiedene Bacterien und Sporen.

b) Maus geimpft, bleibt gesund.

Der Bacillus des malignen Oedems ist deshalb besonders interessant, weil wir ihn in so ungeheurer Verbreitung in der Natur finden; fast jede

cultivirte Erde, gewöhnlicher Strassenstaub, Schutt u. s. w. enthält ihn in ungezählten Exemplaren; wie er aber dort hingelangt ist, wissen wir vor der Hand noch absolut gar nicht. Dass er sich nicht im Boden vermehren kann, dürfen wir mit Sicherheit annehmen, da er nur bei vollkommenem Abschluss der Luft zu wachsen vermag; es war also nicht unwahrscheinlich, dass er im Thierkörper, wo er, wie schon oben erwähnt, noch nach dem Tode des Thieres weiter in die Organe desselben hineinzuwachsen pflegt, auch Sporen bilden würde, und dass er von dort dann bei dem endlichen Zerfall des Cadavers in dem umliegenden Boden abgelagert wird. In der That zeigte sich denn auch wenigstens in einem Fall der Bacillus 163 Tage nach dem Tode des Wirthes noch virulent, war aber wahrscheinlich noch nicht aus dem Thierkörper in das umgebende Erdreich gelangt, da eine Impfung mit dem letzteren vollkommen wirkungslos blieb; natürlich ist damit durchaus nicht ausgeschlossen, dass dieser Uebergang in die Erde nicht noch später erfolgen kann. In den übrigen Fällen starb der Bacillus ganz ähnlich wie alle anderen bisher daraufhin untersuchten in wesentlich früherer Zeit schon ab, oder verlor doch wenigstens seine Virulenz, wenn wir die in Fall 1, unter Luftabschluss im Gelatineröllchen wachsenden Colonieen wirklich als malignes Oedem ansehen wollen.

Tuberculose.

Von einer mit Tuberkelbacillen stark durchsetzten Rinderlunge werden zwei etwa faustgrosse Stücke abgetrennt, das eine davon zusammen mit einem tuberculösen Meerschweincadaver in den Brunnenschacht 1^{m} tief in einen Blumentopf gestellt: 28. December 1886. Temperatur 3^{0} C.

Nach 252 Tagen herausgeholt; im Blumentopf nur noch ein brauner, etwas stinkender Schlamm mit einzelnen Knochen und Haaren durchsetzt, in dem sich aber Weiteres nicht erkennen lässt.

In dem Schlamm zahllose Bacterien verschiedenster Art und viele Sporen; Tuberkelbacillen nicht zu finden; derselbe wird mit sterilem Wasser aufgeschwemmt und einem Meerschweinchen 1^{ccm} davon in die Bauchhöhle injicirt; nach 8 Wochen wird dasselbe getödtet und erweist sich als vollständig gesund.

Das zweite Stück der Rinderlunge wird in einem Glase im Abzug des Laboratoriums frei hingestellt.

Nach 204 Tagen. Lungenstück hart und trocken, widerlich stinkend; es wird etwas davon in sterilisirtem Wasser verrieben und damit:

a) Deckglaspräparat, zeigt viele verschiedene Kokken und Bacillen, nach langem Suchen fand sich auch ein gefärbter Tuberkelbacillus.

b) Meerschwein bekommt 1 ^{ccm} in die Bauchhöhle injicirt: nach drei Monaten getödtet, erweist sich als vollkommen gesund.

Bei den Versuchen mit den Tuberkelbacillen musste naturgemäss auf das Plattenverfahren verzichtet werden, da bei dem langsamen Wachsen der Bacillen, selbst auf den Glycerinagarplatten ein Ueberwuchern durch andere Bacillen mit Sicherheit erwartet werden konnte; es wurden im Ganzen nur 2 Versuche angestellt und wie ersichtlich beide ziemlich lange ausgedehnt; beide Male konnten keine virulenten Bacillen mehr constatirt werden, und es darf also wohl angenommen werden, dass auch die Tuberkelbacillen im Cadaver, analog den anderen früher untersuchten pathogenen Bacterien, ziemlich bald nach dem Tode des Wirthes ebenfalls zu Grunde gehen. Bei der Wichtigkeit gerade dieses Bacillus wären weitere Versuche dieser Art natürlich sehr wünschenswerth.

Tetanus.

Eine Maus, die mit Erde geimpft und an Tetanus zu Grunde gegangen war, wird an der Luft bei Zimmertemperatur hingelegt, an der Infectionsstelle unter der Haut findet man zahlreiche feine borstenförmige Tetanusbacillen, und eine damit geimpfte Maus stirbt am folgenden Tag an Tetanus.

Nach 35 Tagen. Cadaver geschrumpft und getrocknet, widerlich süsslich riechend: von der Infectionsstelle wird ein Partikelchen entnommen und auf eine Maus verimpft; dieselbe bleibt gesund.

Auch bei dem Tetanusbacillus musste das Culturverfahren als zwecklos bei Seite gelassen werden; in dem einzigen Versuche, der angestellt wurde, war durch Impfung kein virulenter Infectionsstoff mehr nachzuweisen; es war das ebenfalls, gerade wie bei dem Bacillus des malignen Oedems, nicht von vornherein zu erwarten, da sich dieser Bacillus, wie letzterer, in grosser Verbreitung in den verschiedensten Bodenarten vorfindet und ihm also eine relativ grosse Widerstandsfähigkeit und Ausdauer im Kampfe um's Dasein zugesprochen werden muss.

Cholera asiatica.

Ein starkes Meerschwein, das nach der gewöhnlichen Vorschrift Cholerabouillon und kohlensaures Natron in den Magen, sowie eine Injection von Opiumtinctur in die Bauchhöhle bekommen hatte, ist am folgenden Tage todt; die Section ergiebt eine fast vollkommene Reincultur

von Cholerabacillen im Dünndarm wie im Magen; der Cadaver wird nunmehr in ein grosses Glas mit Leitungswasser versenkt und bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

Nach 2 Tagen. Cadaver stinkt etwas. Wasser leicht getrübt.

Deckglaspräparat vom Darminhalt zeigt neben vielen Kommabacillen auch zahlreiche andere Formen von Spaltpilzen.

In 3 Gelatinerollen (1 Orig. u. 2 Verd.) wachsen zahllose Colonieen, die die Gelatine schnell verflüssigen, ehe eine Diagnose auf Cholera sicher gestellt werden konnte.

Deckglaspräparat vom Wasser, sowie 3 von demselben angefertigte Gelatinerollen ergeben dasselbe Resultat.

Nach 5 Tagen. Cadaver und Wasser stark stinkend.

Deckglaspräparate von Darminhalt und Wasser lassen vereinzelt neben zahlreichen anderen Bacterien auch Choleraspirillen erkennen.

In 3 Gelatinerollen mit weniger Ausgangsmaterial wie das vorige Mal zeigen sich in den Verdünnungen mehrfache Choleracolonieen im Verhältniss zu den anderen wie 1:10 etwa.

Nach 7 Tagen. Beginnender Zerfall des Cadavers.

Deckglaspräparate zeigen dasselbe Bild wie das letzte Mal.

6 Rollen vom Darminhalt und Wasser werden rasch verflüssigt, die verflüssigte Gelatine giebt mit Schwefelsäure deutliche Cholerareaction.

Nach 11 Tagen. Starke Fäulniss. Furchtbarer Gestank. Kahmhaut auf der Oberfläche des Wassers.

Deckglaspräparat von Darminhalt und Wasser unter anderen auch Bacillen von der Form der Cholera zeigend.

In den Gelatinerollen wachsen keine Choleracolonieen und auch nach der Verflüssigung mit Schwefelsäure keine Röthung, wie es vor 4 Tagen geschehen war, obwohl auch dort keine Reincultur in den Röllchen enthalten sein konnte.

Nach 21 Tagen. Sehr starke Fäulniss. Weder durch das Deckglas noch durch Culturmethode Cholera nachzuweisen.

Nach 31 Tagen. Fast vollkommener Zerfall des Cadavers. Keine Cholera nachzuweisen.

Ein zweiter dem eben geschilderten vollkommen gleich angestellter Versuch hatte auch das nämliche Resultat, nur dass schon vom fünften Tage ab keine Cholerabacillen mehr constatirt werden konnten. Ebenso ging es mit einem dritten Cholerameerschwein, das an der Luft faulte; bis zum 3. Tage wurden in den Rollen Choleracolonieen gefunden, am 5. aber bereits nicht mehr.

Von einer Impfung mit dem Darminhalt des Choleracadavers auf ein anderes Thier durfte kein positives Resultat erwartet werden; ob in allen den Fällen, wo in den Gelatineculturen keine Cholera mehr gefunden wurde, diese auch wirklich schon vollkommen verschwunden war, ist wohl nicht mit Sicherheit zu behaupten, doch erscheint es jedenfalls sehr wahrscheinlich, dass auch der Cholerabacillus, wie die übrigen pathogenen Bacterien, durch die Fäulnissbacterien in relativ kurzer Zeit überwuchert und unschädlich gemacht wird.

Ich führe dann noch kurz meinen Versuch an, der mit Typhusbacterien angestellt wurde und nur zeigen soll, dass in dieser Weise jedenfalls kein Aufschluss über das Verhalten derselben in faulenden Medien zu erlangen ist und auch wohl in anderer Weise nicht erlangt werden kann, ehe es uns nicht gelingt, ein charakteristisches Merkmal für den Typhusbacillus aufzufinden, der ein schnelles Herausfinden unter den vielen, ihm sonst so ähnlich wachsenden Fäulnissbacterien ermöglicht.

Typhus.

In das Innere eines faustgrossen, mit sterilem Messer durchschnittenen Stückes frischen Fleisches wird eine ziemliche Portion, etwa drei bis vier Oesen von einer Typhusbacillenreincultur gebracht und das Stück Fleisch sodann bei Stubentemperatur aufbewahrt.

Nach drei Tagen. Fleisch oberflächlich in starker Fäulniss, im Inneren makroskopisch noch ganz frisch aussehend; davon:

a) Deckglaspräparat, zeigt die verschiedensten Arten von Kokken und Bacillen in grosser Anzahl.

b) zwei Rollen, werden durch Fäulnisscolonieen, die die Gelatine rasch verflüssigt, bald ganz überwuchert.

Hiermit bin ich am Schlusse meiner Versuche angelangt und glaube durch dieselben den Beweis geliefert zu haben, dass bei der grössten Anzahl der pathogenen Bacterien und höchst wahrscheinlich wohl bei allen ähnlich organisirten Krankheitserregern eine Weiterentwickelung derselben schon bald nach dem Tode des Wirthes aufhört und dass darauf fast regelmässig ein baldiges Zugrundegehen derselben erfolgt. Dasselbe tritt schneller ein, wenn die Bedingungen für eine rasch und intensiv sich entwickelnde Fäulniss gegeben sind, wie es z. B. bei höherer Temperatur der Fall ist oder wenn die Cadaver im Wasser liegen. Wird durch niedrige Temperatur der umgebenden Luft, wie im Eisschrank oder in den tieferen Bodenschichten auch im Sommer die Fäulniss hintangehalten, wird auch der pathogene Mikroorganismus länger sich virulent erhalten.

Wir haben wohl in den meisten Fällen das Untergehen der specifischen Bacterienart als ein einfaches Erdrückt- und Ueberwuchertwerden von den unter diesen Umständen schneller und kräftiger wachsenden Fäulnissbacterien zu betrachten, die entweder mechanisch durch ihre ungeheure Anzahl den schwächeren Arten den nöthigen Sauerstoff entziehen oder durch ihren Stoffwechsel den anderen Arten schädliche Stoffe anhäufen, die den Tod der letzteren und vielleicht zuletzt auch ihren eigenen herbeiführen. Dafür würde wenigstens die beachtenswerthe Thatsache sprechen, dass in langsam faulenden Leichen nach langer Zeit die Reste der Cadaver vollkommen steril gefunden werden können, wie dieses zum Beispiel der Fall 1 von Micrococcus tetragenus dieser Arbeit beweist. — Dass es aber unter Umständen gar keiner fremden Bacterien bedarf, um die pathogene Species nach dem Tode des Thieres zu Grunde gehen zu lassen, beweist eine Reihe von Versuchen, die ich noch zum Schlusse anführen will.

Von den Organen eines an Milzbrand gestorbenen Meerschweinchens, die besonders viel Milzbrandbacillen enthielten, werden unter möglichst antiseptischen Cautelen haselnussgrosse Stücke der Leber in drei Agar- und vier Gelatinereagensröhrchen versenkt, während Agar wie Gelatine in einem Wasserbad von 40° C. flüssig gehalten werden.

Unmittelbar nach dem Versenken der Organe werden die Nährlösungen unter der Wasserleitung zum Erstarren gebracht und nun der noch leere Theil der Reagensgläser mit flüssigem Agar bis unter den Wattepfropf gefüllt. Sodann wird auch dieses zum schnellen Erstarren gebracht und nunmehr die Agarröhrchen mit einer Gummikappe versehen in den Brütschrank gestellt, die Gelatineröhrchen in gleicher Weise bedeckt im Zimmer weiter beobachtet.

Nach sieben Tagen wird das erste Agarröhrchen wieder unter Cautelen zerbrochen und das Agarstück, das noch vollkommen frisch aussieht, herausgeholt. Ein Deckglaspräparat davon zeigte Zellen und formlosen Detritus, dazwischen hier und da einen nur schlecht gefärbten Milzbrandbacillus. In drei angefertigten Gelatinerollen wachsen in jedem mehrfache Milzbrandcolonieen.

Nach 21 Tagen wird ein zweites Agarröhrchen in gleicher Weise wie das erste behandelt. Das Deckglaspräparat gab genau dasselbe Bild wie vor 14 Tagen. In drei Gelatinerollen wächst in jedem Röhrchen von einem der zerriebenen Organtheilchen aus eine Milzbrandcolonie. Eine vierte Rolle war angefertigt worden, nachdem dieselbe mit den darin verriebenen Organpartikelchen vorher fünf Minuten auf 70° C. erhitzt und eben erst zur Erstarrung gebracht worden war; sie bleibt vollkommen steril.

Es war also diesmal schon ein deutliches Abnehmen der lebenden Milzbrandbacillen zu erkennen und ausserdem waren keine Sporen gebildet worden, wie das ja bei dem vollständigen Abschluss des Sauerstoffes von dem Organstück nicht anders zu erwarten war. — Das dritte Agarröhrchen und ebenso zwei von den Gelatineröhrchen waren leider durch fremde Bacterien beim Einbringen in die Gläser verunreinigt worden, es blieben also nur noch zwei Gelatineröhrchen übrig. Von diesen wird eins nach 31 Tagen verarbeitet.

Das Leberstück sieht noch vollkommen frisch aus, lässt aber unter dem Mikroskop nur Detritusmassen und ganz vereinzelt ein blassgefärbtes Milzbrandbacillenstäbchen erkennen. Vier angefertigte Rollen bleiben diesmal vollkommen steril, obwohl sie mehrere Wochen auf etwaiges Colonieenwachsthum hin beobachtet wurden.

Das letzte Röhrchen endlich wird am 63. Tage zerbrochen.

Auch hier zeigt sich makroskopisch das Leberstück unverändert, mikroskopisch aber ist kein Bacillus mehr aufzufinden; zwei von den Organstückchen angefertigte Rollen blieben wiederum vollkommen steril, und eine mit einem erbsengrossen Stück geeimpfte Maus zeigte keine Zeichen einer Erkrankung, ein Beweis, dass in der That ein Untergang sämmtlicher Milzbrandbacillen stattgefunden haben musste.

Ein ganz gleicher Versuch wurde dann noch mit der Leber einer an Mäusesepticämie gestorbenen Maus angestellt; dieselbe wurde in zwei Agargläser versenkt und im Brütschrank aufbewahrt. Nach 28 Tagen zeigte ein mikroskopisches Präparat von dem sonst ganz unverändert aussehenden Leberstückchen nur Detritus und ausserdem viel Mäusesepticämiebacillen zu langen Fäden ausgewachsen, aber ganz blass gefärbt. — Zwei Rollen bleiben vollkommen steril und eine geeimpfte Maus vollkommen gesund.

Nach 110 Tagen wird das zweite Glas verarbeitet. Das Resultat der mikroskopischen Prüfung wie das der Impfung war das gleiche, wie das erste Mal; die geimpfte Maus starb aber diesmal, wenn auch erst nach fünf Tagen, so dass doch noch lebende Mäusesepticämiebacillen in den Organen übrig geblieben sein mussten.

Fragen wir uns nach der Ursache dieses auch ohne Fäulniss und Ueberwucherung durch andere Bacterien eintretende, relativ schnelle Absterben der pathogenen Bacillen, so müssen wir wohl in erster Linie an den Mangel des Sauerstoffs denken, obwohl wir doch z. B. gerade die Mäusesepticämiebacillen auch in der Tiefe der gewöhnlichen Gelatine-Stichcultur sich prächtig entwickeln sehen, wo sie sich dann, so weit bekannt, auch recht lange virulent und lebensfähig erhalten; es kann daher auch wohl sein, dass bei dem Absterben in den nicht mehr lebenden

Organen auch noch andere Factoren eine Rolle spielen; wir können da an die eigenen Stoffwechselproducte der betreffenden Bacterien denken oder auch an chemische Umsetzungen, die in Leichentheilen auch ohne die Mitwirkung von Bacterien vor sich gehen können, über die wir aber zur Zeit nur wenig Erfahrung besitzen. Es lag auch nicht in dem Rahmen dieser Untersuchungen, nach dieser Richtung hin weitere Nachforschungen anzustellen, es war nur meine Absicht, im Allgemeinen festzustellen, was aus den pathogenen Mikroorganismen in der Leiche wird; auch hierin wird noch manches nachzuholen sein, vor allen Dingen wäre es wünschenswerth, wenn ähnliche Untersuchungen, wie die vorliegenden, noch an grösseren Thiercadavern und womöglich auch noch an menschlichen Leichen wiederholt würden, wenn auch wohl mit einiger Sicherheit angenommen werden darf, dass auch dort die Resultate ähnlich oder gleich ausfallen werden und ein mehr oder weniger rasches Untergehen der Infectionsträger stattfinden wird.

Für die Praxis glaube ich aus meinen Versuchen folgern zu können, dass ein Vergraben der Thiere, die an Infectionskrankheiten, wie Milzbrand u. s. w. eingegangen sind, ein gutes Mittel ist, um weitere Infectionen von dem Cadaver aus möglichst hintanzuhalten; ebenso wie die Untersuchungen die Ansicht derjenigen bestärken müssen, die weder in der Luft noch dem Abwasser von Kirchhöfen eine Gefahr für Weiterverbreitung von Infectionen anzunehmen geneigt sind.

[Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.]

Ueber Safraninvergiftung.

Von

Th. Weyl.

Das Safranin auf Giftigkeit zu prüfen, bot nachfolgender Fall Veranlassung.

In Nr. 186 des Berliner Tageblatt vom 12. April 1888, auf welche ich von befreundeter Seite aufmerksam gemacht wurde, wird mitgetheilt, dass eine Dame, einige Stunden nachdem sie eine neue Tricottaille zum ersten Male angelegt hatte, ein eigenthümliches Jucken der (Rücken-)Haut empfand. Abends waren Hals, Schultern und Arme mit einem „förmlichen Hautausschlag" bedeckt. Wie ich dann weiterhin durch Herrn Dr. Lassar erfuhr, erfolgte die Wiederherstellung der Patientin erst nach mehreren Monaten.[1] Durch das Entgegenkommen der Patientin habe ich jene verdächtige Taille untersuchen können.

Das Kleidungsstück bestand aus einem roth und braungelb gestreiften Tricotstoffe. Der aufrechtstehende Kragen und die Manschetten waren an ihrer inneren Seite mit einem rothen seidenartigen Stoff (Satin) gefüttert.

Mit welcher Farbe der Tricotstoff gefärbt war, habe ich nicht mit Sicherheit feststellen können.

Es lag zunächst nahe, die Materia peccans in einem Arsengehalt des Tricotstoffes zu suchen.

Allein die Prüfung auf Arsen[2] ergab nur so geringfügige Spuren dieses Körpers, wie man sie wohl stets bei Untersuchung genügender Gewebsmengen finden wird.

---

[1] Hrn. Collegen Lassar ist es übrigens zweifelhaft geblieben, ob jene Hautaffection durch das Tragen der Tricottaille hervorgerufen wurde.

[2] Diese Prüfung wurde auf zweierlei Weisen vorgenommen:

a) In dem nach Zerstörung der organischen Substanzen durch chlorsaures Kali und Salzsäure erhaltenen Rückstande. Derselbe wurde in ca. 500^{ccm} Wasser gelöst.

Ebenso wenig brachte eine Aschenuntersuchung des Taillenstoffes die Entscheidung.

5 grm Taillenstoff lieferten 0·1542 = 3·08 Procent Asche. Die Asche war fast weiss gefärbt. Sie löste sich fast vollkommen in verdünnter Salzsäure ohne Kohlensäureentwickelung. Eine geringe Menge Kieselsäure wurde durch Filtration entfernt und in das genügend verdünnte Filtrat unter Erwärmen Schwefelwasserstoff eingeleitet. Es entstand ein kaum wägbarer gelbbrauner Niederschlag. Dieser löste sich nach dem Auswaschen in Schwefelammon völlig auf. Die hierbei erhaltene Lösung liess beim Zusatz von Salzsäure einen bräunlich gefärbten Niederschlag fallen, welcher mit Soda und Salpeter geschmolzen wurde. Die Schmelze löste sich in Wasser vollkommen auf. Die Lösung wurde in zwei Theile getheilt. a) Bei der Ueberschichtung mit Silbernitrat entstand an der Berührungsfläche nach einem halben Tage ein gelblicher Ring, welcher nur einem sehr farbensinnigen Auge bemerkbar war. b) Auf Zusatz von ammoniakalischer Magnesialösung wurden auch nach dreitägigem Stehen krystallinische Ausscheidungen nicht beobachtet. — Das Filtrat an dem durch H_2S erzeugten Niederschlage wurde gekocht und, als der Geruch nach Schwefelwasserstoff verschwunden war, mit Salpetersäure oxydirt. Auf Zusatz von Ammoniak entstand kein Niederschlag, wohl aber durch Schwefelammon. Der grünliche Niederschlag wurde abfiltrirt, ausgewaschen und durch warme verdünnte Salzsäure leicht gelöst. Die Lösung wurde eingedampft, mit Salpetersäure oxydirt und nach weiterem Eindampfen mit Natronlauge gekocht. Im Filtrate liessen sich Zink- und Thonerde, im Niederschlage — nach bekannten Methoden — viel Eisen, wenig Chrom nachweisen. Im Filtrate des durch Schwefelammon erhaltenen Niederschlages fand sich Kalk in sehr geringer Menge. Auf Alkalien wurde nicht geprüft.

Es blieb nur noch die bacterioskopische Untersuchung übrig.

Zu diesem Zwecke brachte ich kleine Fetzen des Taillenstoffes in Gelatine und stellte mir Esmarch'sche Rollröhrchen her. Erst nach acht Tagen hatten sich Colonieen in sehr geringer Zahl entwickelt.

Nach 48stündigem Einleiten von Schwefelwasserstoff in die erwärmte Lösung schieden sich nur wenige unwägbare Flocken eines verdächtigen Niederschlages ab. Für diesen Versuch dienten 10 grm Taillenstoff.

b) Nach der durch Verordnung des Reichskanzlers vom 10. April 1888 für die Untersuchung auf Arsen (und Zinn) vorgeschriebenen Methode. (Siehe Th. Weyl, *Theerfarben*. S. 24.)

Auch dieser Versuch wurde mit 10 grm Stoff angestellt und ergab nur unwägbare Mengen von Arsen. Eine Wiederholung der Untersuchung bestätigte dieses Resultat.

Unter diesen fanden sich eine orange Sarcine, Bacillus subtilis[1] und ein grosser Micrococcus. Erst sehr spät tauchte auch Penicellium glaucum auf. Diese Organismen bildeten sich auf allen drei Verdünnungen, sind also im Taillenstoff enthalten gewesen. Die gleichen Resultate erhielt ich, als ich kleine Theilchen der Taille auf schräg erstarrtem Agar in den Brütschrank brachte.

Die ausgewachsenen Keime waren wenig zahlreich und entsprachen denen, welche man auf „Luftplatten" antrifft. Sie können also für die Hautaffection, an welchen die Besitzerin der Taille erkrankte, kaum verantwortlich gemacht werden.

Es war aber noch nicht von dem rothgefärbten Stoff die Rede, der, wie oben angegeben, als Futter für Kragen und Manschetten diente. Derselbe war mit Safranin gefärbt, wie die folgenden Reactionen beweisen.

Schon beim Abspülen in kaltem Wasser liess der Stoff einen grossen Theil seiner rothen Farbe los. Die roth gefärbte Lösung ergab folgende Reactionen:

a) Bei der Reduction mit Zinkstaub und Essigsäure entstand eine farblose Lösung, welche nach kurzer Zeit wieder die frühere rothe Farbe annahm.

b) Concentrirte Schwefelsäure rief eine dunkelgrüne Färbung hervor, die auf Zusatz von Wasser durch Blau in Roth überging. (Die gleiche Reaction zeigte auch der Stoff selbst.)

Arsen liess sich in dem mit Safranin gefärbten Futterstoff nach keiner der S. 35 Anmerkung aufgeführten Methoden nachweisen.

Da ich es für möglich hielt, dass die Hauterkrankung durch das mit Safranin gefärbte Futter, welches der Haut dicht anlag, veranlasst sein könnte, habe ich Versuche über Wirkung dieses Farbstoffs auf Hunde angestellt.[2]

Safranin.

1. Chemisches.

Das Safranin ist ein bereits seit 25 Jahren bekannter Farbstoff, welcher Baumwolle, die mit Tannin und Brechweinstein gebeizt ist, schön roth färbt. Auch auf Seide findet er bisweilen Anwendung. Auf Wolle

---

[1] Derselbe hatte die für B. subtilis charakteristische Form, war beweglich, verflüssigte die Gelatine, bildete leicht Sporen und war nicht pathogen.

[2] Auf Agar gebrachte Stückchen des mit Safranin gefärbten Futters blieben steril. Das Safranin scheint hiernach stark entwickelungshemmend zu wirken. Da diese Frage im hiesigen Institut von anderer Seite bearbeitet wird, gehe ich auf dieselbe nicht weiter ein.

ist er wenig lichtecht. Die früheren Methoden seiner Darstellung, nämlich: Oxydation des Mauveïns, des unreinen Anilins, ferner Erhitzen von Amidoazotoluol $C_6H_4\overset{CH_3}{N} = N - C_6H_3\overset{CH_3}{NH_2}$ mit Toluidin-Nitrat scheinen verlassen zu sein.

Nach dem jetzt gebräuchlichen Verfahren, welches von Witt[1] herstammt und durch die scharfsinnigen Untersuchungen von Witt, Nietzki und Bernthsen seine Erklärung gefunden hat, erhitzt man ein Molecül eines Paradiamins mit je einem Molecül zweier gleicher oder ungleicher Monamine. Diese Reaction verläuft in zwei Phasen. Zunächst wirkt das Paradiamin auf das Monamin. Es entsteht ein Indamin.

$$\underset{\text{p-Phenylendiamin}}{C_6H_4\left\langle\begin{matrix}NH_2\ (1)\\NH_2\ (4)\end{matrix}\right.} + \underset{\text{Anilin}}{C_6H_5NH_2} + O_2 = \underset{\text{Indamin (Phenylenblau)}}{N\left\langle\begin{matrix}C_6H_4NH_2\\C_6H_4NH\end{matrix}\right.} + 2H_2O$$

Dann condensirt sich das Indamin mit einem zweiten Molecül Monamin zu Safranin.

$$N\left\langle\begin{matrix}C_6H_4NH_2\\C_6H_4NH\end{matrix}\right. + \underset{\text{Anilin-Chlorhydrat}}{C_6H_5NH_2HCl} = \underset{\text{Phenosafranin}}{H_2NC_6H_3\left\langle\begin{matrix}N\\N\end{matrix}\right\rangle C_6H_4 \text{ (N: Cl, } C_6H_4NH_2)} + 4H$$

Das Safranin des Handels ist ein Gemisch mehrerer Körper, und zwar hauptsächlich von Phenosafranin und einem methylirten Phenosafranin (Tolusafranin).

Zur Gewinnung eines reinen Präparates krystallisirt man die Handelswaare so lange um, bis man ein verhältnissmässig schwer lösliches Chlorhydrat von constantem Stickstoffgehalt erhält.

Für meine Versuche standen nun folgende Präparate zur Verfügung:

a) Handelswaare von L. Cassella & Co. in Frankfurt a. M.
b) Handelswaare der Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation zu Berlin.
c) Handelswaare von Geigy in Basel.

Die Analysen der Chlorhydrate ergaben die folgenden Werthe:

	Berechnet für:	Gefunden:			
	Tolusafranin HCl $C_{21}H_{21}N_4Cl$	I	II	III	IV
N	15·3	12·7	13·8	14·0	12·3

---

[1] *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft.* Bd. XII. S. 939 1879. und Bd. XIX. S. 3121. 1886.

Analyse I: Rohproduct von Geigy.
0·2564 trocken bei 105°:
$v = 29^{ccm}$; $t = 22·5°$; $B = 754$.

Analyse II: Präparat von Geigy, 2mal aus verdünnter Salzsäure umkrystallisirt.
0·2480 trocken bei 105°:
$v = 29^{ccm}$; $t = 13°$; $B = 761$.

Analyse III: Präparat von Geigy, 3mal aus verdünnter Salzsäure umkrystallisirt.
0·1995 trocken bei 105°:
$v = 24·1^{ccm}$; $t = 16·5$; $B = 762$.

Hier wurde besonders lange geglüht.

Analyse IV: Rohproduct von L. Cassella & Co.
0·2550 grm trocken bei 105°:
$v = 28^{ccm}$; $t = 23°$; $B = 757$.

Alle Präparate waren frei von Arsen, sie enthielten dagegen sehr kleine Mengen von Eisen, Chlor und nur Spuren vom Chrom.

Der Aschengehalt, welcher bei dem für Analyse I benutzten Präparate 4·8 Procent betrug, ist nicht berücksichtigt worden.

Für eine weitere Reinigung der Präparate fehlte es mir an Material. Dieselbe ist aber auch ohne Belang für die Zwecke der vorliegenden Untersuchung, welche sich wesentlich mit der Wirkung der Handelswaare beschäftigt. Uebrigens liegt eine eigentliche Verunreinigung der Präparate überhaupt nicht vor, da es sich, wie bereits früher (S. 38) auseinandergesetzt ist, nur um das gleichzeitige Vorkommen zweier homologer — also nur durch eine oder mehrere CH_2[Methylen-]Gruppen von einander verschiedener — Safranine handelt.

Die wesentlichen Reactionen des Farbstoffs sind bereits S. 37 erwähnt worden.

Derselbe enthält die chromophore Azingruppe <N|N> (Witt), ist aber zugleich eine Ammoniumbase.[1]

2. Thierversuche.

Ueber die Wirkung des Safranins auf Hunde liegen Versuche von Lépine und Cazeneuve vor.[2]

[1] Siehe die Constitutionsformel S. 38.

[2] P. Cazeneuve, *La coloration des vins.* Paris 1886. p. 69.

Ein Jagdhund von 12·2 Kilo erhielt 14 Tage lang täglich 0·5 grm Safranin, darauf 10 Tage lang täglich 2 grm, schliesslich 10 Tage lang täglich 4 grm. Er litt an häufigen Diarrhöen, verlor die Fresslust und wog am Ende des Versuchs nur 10·1 Kilo. Dem Thiere wurde die Farbe in Pulverform in den Schlund geschüttet (!).

Ein zweiter Hund von 12 Kilo erhielt vier Monate hindurch täglich 1·2 grm Safranin mit dem Futter. Er frass sehr wenig. Im vierten Monat wog er nur noch 7·7 Kilo.

Hiernach ist das Safranin bei längerer Darreichung kein gleichgültiger, aber auch kein sehr giftiger Stoff.

Ein Hund, welchem 0·05 grm Safranin pro Kilo Körpergewicht in's Blut gebracht worden waren, starb am folgenden Tage. Es wurden starke Dyspnoe, Albuminurie und Diarrhöe beobachtet. Bei höherer Dosis (0·1 pro Kilo) trat der Tod schnell ein. Die Section ergab „Herzvergrösserung" (coeur très volumineux).

Ein Meerschweinchen, dem 0·05 grm unter die Haut gespritzt worden waren, verstarb nach einigen Stunden.

Auch Poincaré hat, wie Cazeneuve (a. a. O.) mittheilt, das Safranin giftig befunden.

Meine eigenen Versuche beziehen sich fast ausschliesslich auf die Wirkungen des Safranins bei subcutaner Darreichung.

Versuch I: Hund von 6890 grm. Präparat von Geigy (Basel): Rohproduct.

14.—16./XII. Harn alkalisch. Enthält wenig Eiweiss.

17./XII. 2 grm Safranin per Sonde.

18./XII. Thier munter. 2 grm per Sonde.

19./XII. Thier munter. 3 grm Saffranin.

20./XII. Harn safraninfarben. Färbung von Seide in dem mit Seife versetzten Harne gut gelungen.

Der Nachweis des Safranins im Harn gelang auf folgende Weise:

1. Entfärbung mit Salzsäure und Zinkstaub: Rothfärbung des Filtrats beim Schütteln mit Luft.

2. Auf Zusatz starker Salzsäure erfolgte blauviolette Färbung, welche beim Verdünnen mit Wasser in Roth überging.

3. Durch concentrirte Schwefelsäure trat Grünfärbung auf.

Dieser Versuch zeigt, dass nach Safranin-Fütterung unverändertes Safranin im Harne erscheint.

Versuch II. Präparat der Actien-Gesellschaft für Anilinfabrikation zu Berlin.

Hündin von 5900 grm.

3./V. 1888. 1 grm Safranin in lauem Wasser per Schlundsonde. 2 Std. post injectionem Erbrechen.

4./V. Munter. 1 grm per Sonde. Harn: roth (Safranin). Neutral, wenig Eiweiss.

5./V. Keine Injection.

6./V. Keine Injection.

7./V. 2 grm Safranin per Schlundsonde. Normale, rothe Faeces. Thier munter.

8./V. 0·5 grm Safranin in 25 H_2O subcutan.

9—10./V. Keine Injection.

11./V. 0·5 grm in 25 H_2O subcutan. Viel Eiweiss. Controlen mit der Farbstofflösung sind gemacht. (HNO_3, Essigsäure + Ferrocyankalium). Thier apathisch, sehr matt. Kein Appetit, Erbrechen, Diarrhoe. Harn saffraninfarben. Wolle sehr gut gefärbt.

12./V. 0·5 grm subcutan.

13./V. 1 h. Thier sehr matt, mühsam athmend. Keine Injection.

14./V. 10 h. Wird todt gefunden. Bereits kalt und starr.

Section: Alle serösen Häute (Peritoneum, Herzbeutel etc.) saffraninroth. Rippenknorpel (nicht Knochen) safraninroth. Alle Drüsenparenchyme ebenso. Lunge zinnoberroth.

In der Niere (Dr. Hausemann) safraninrothe Cylinder. Keine Kernfärbung, auch nicht in Pancreas, nicht in der Lunge.

Knorpel der Trachea safraninroth.

Wenn man die innerlich gegebenen 4 grm Safranin als unschädlich betrachtet, wozu die oben erwähnten Versuche von Cazeneuve und Lépine berechtigen, so starb das Thier bei subcutaner Darreichung von 1·5 grm Safraninchlorhydrat, also von 0·25 grm pro Kilo Körpergewicht.

Versuch III. Präparat der Actien-Gesellschaft für Anilinfabrikation zu Berlin.

Hund von 6990 grm.

24./V. 1 h. Circa 0·75 grm in 25 Wasser subcutan.

3 h. Erbrechen.

25./V. 9 h Vormittags. Thier wird todt im Käfig gefunden.

Section: Im Peritonealraum viel seröse Flüssigkeit. Alle Serosae (Peritoneum, Pericardium, Endocardium), Pleurae safraninfarbig. Rippen-

knorpel safraninfarbig. Leber, Milz, Niere weniger stark gefärbt. Knochen, Gehirn nicht gefärbt. Gehirn-Oedem.

Das Thier verstarb in Folge einer einzigen Dosis von 0·112 ^{grm} pro Kilo, die ihm subcutan beigebracht worden war.

Versuch IV. Praeparat von Geigy (Basel), dreimal aus Wasser unter Zusatz von Salzsäure umkrystallisirt.

Hund von 2000 ^{grm}.

27./VI. 11 ^{h}. 0·1 ^{grm} in 10 Wasser subcutan unter die Rückenhaut (vgl. Section).

11 ^{h} 30'. Erbrechen.

1 ^{h} 30'. Anscheinend normal.

7 ^{h}. Sehr matt.

8 ^{h}. Tod.

Section: Leichenstarre schon gewichen. Rechte Bauchseite roth und stark ödematös. (Injection unter die Rückenhaut.) Die Rothfärbung und das Oedem überschreiten die Linea alba um 1 bis 2 ^{cm} nach links. Alle Serosae (Peritoneum, Pericardium, Endocardium, Pleurae), ferner Leber, Niere (secretorische Theile), Milz safraninroth gefärbt. Gehirn nicht gefärbt. Muskeln kaum gefärbt.

Das Thier verstarb nach einer einzigen Dosis von 0·1 ^{grm}, also 0·05 ^{grm} pro Kilo im Verlaufe eines Tages.

Versuch V. Praeparat von Geigy (Basel), dreimal aus Wasser und HCl umkrystallisirt.

Hund von 2700 ^{grm}.

6 9./XII. Hund munter. Harn normal.

10./XII. 0·05 ^{grm} in 5 ^{ccm} Wasser unter die Rückenhaut. Hat wenig gefressen. Thier sehr matt. Harn safraninroth.

11./XII. 0·05 ^{grm} in 5 ^{ccm} Wasser unter die Rückenhaut. 40 ^{0} in recto. Hat wenig gefressen. Kein Abscess. Harn safraninroth.

12./XII. 0·075 ^{grm} in 7·5 ^{ccm} Wasser unter die Rückenhaut. Thier sehr ruhig. Hat nichts gefressen. Schläft viel. Geringe Dyspnoe.

13./XII. 11 ^{h} Vorm. Keine Injection. Thier ganz apathisch, auch durch starke Reize (Klopfen und Berühren mit einem Stabe) schwer zu erwecken.

2 ^{h} Mittags. Liegt auf der Seite, scheint zu schlafen. Augen geschlossen. Athmet sehr langsam. Liegt bereits seit mehreren Stunden in folgender Lage: Schnauze berührt den Boden, Rücken katzenbuckelartig gekrümmt.

6 ^{h} 30' Abends. Lebt noch.

14./XII. Wird todt im Käfig gefunden.

Section (Dr. C. Fränkel): Keine auffallenden Veränderungen an den Injectionsstellen. Unterhautzellgewebe der Bauchseite stark ödematös und safraninroth gefärbt. Im Peritonealraum keine Vermehrung der Flüssigkeit. Alle Serosae safraninroth gefärbt. Leber weich, safraninroth, blutreich. Milz schlaff, safraninroth. Niere: Ueberzug leicht entfernbar; Rinde blass; Mark safraninroth, auf derselben mehrere Ecchymosen. Im Darm keine makroskopischen Veränderungen. Im Pleuraraum wenig Flüssigkeit Lungen blass und aklectatisch.

Das Thier erhielt 0·175 ^{grm} salzsaures Safranin in drei Dosen im Verlaufe dreier Tage, also pro Kilo 0·065. Diese Dosis war tödtlich.

Die vorstehenden Versuche zeigen, dass Safraninchlorhydrat in einer Dosis von 0·05 ^{grm} pro Kilo Körpergewicht Hunden unter die Haut gespritzt tödtlich wirkt.

Ueber das Wesen der Safraninvergiftung wage ich keine Vermuthung. Ob die giftige Wirkung auf die Azingruppe $\left\langle {N \atop N} \right\rangle$ oder auf das Vorhandensein der Ammongruppe $\equiv N \begin{matrix} Cl \\ C_6H_4NH_2 \end{matrix}$ zurückzuführen sein wird, müssen weitere Versuche entscheiden.

Nachdem festgestellt ist, dass das Futter der Tricottaille mit dem giftigen Safranin gefärbt war, muss die Frage aufgeworfen werden, ob die Hauterkrankung, von welcher die Trägerin jenes Kleidungsstückes befallen wurde, als Safraninvergiftung betrachtet werden darf.

Ich glaube, dass der Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme nicht geführt wurde. Höchstens würde ich die Möglichkeit zugeben können, dass es sich in unserem Falle um eine Safraninvergiftuug gehandelt habe. Wir wissen zu wenig über die Empfindlichkeit der mensch-Haut gegen giftige Farben und sind auch durch Thierversuche kaum in der Lage, uns über diesen Punkt Aufklärung zu verschaffen, da dasjenige, was etwa im Versuche über die Reaction der Haut des Versuchthieres sich ergab, nicht einfach auf den Menschen übertragen werden darf. Denn die dicht behaarte Thierhaut ist nicht mit der nackten oder fast nackten Menschenhaut zu identificiren.

Wahrscheinlich reagirt auch die Haut der verschiedenen Individuen auf die gleiche Schädlichkeit in durchaus verschiedenem Grade.

[Aus dem hygienischen Institut der Universität Breslau.]

Ueber den Einfluss der Ventilation auf in der Luft suspendirte Mikroorganismen.

Von

Dr. med. **Richard Stern.**

Die Untersuchung der in der Luft enthaltenen Mikroorganismen ist in den letzten Jahren von einer grösseren Anzahl von Forschern in Angriff genommen worden; besonders hat die Benutzung der von Koch eingeführten bacteriologischen Methoden eine genauere und bequemere quantitative Bestimmung des Keimgehaltes der Luft ermöglicht (Methoden von Hesse[1] und Petri[2]). Auf diese Weise sind wir über die durchschnittliche Grösse desselben im Freien, auf den Strassen, in bewohnten Räumen, speciell auch in Krankenhäusern unterrichtet worden; weiterhin wurde von verschiedenen Forschern, besonders von Miquel[3] und Frankland,[4] der Einfluss der Jahreszeit, der Windrichtung u. s. w. auf den Keimgehalt der Atmosphäre geprüft; und selbst die Luft auf hohen Bergen und über fernen Meeren ist auf ihren Bacteriengehalt untersucht worden.

Merkwürdiger Weise wurde indess diejenige Frage, welche das nächstliegende praktische Interesse darbietet, die Frage nämlich: wie lässt sich die Luft unserer Wohnräume, speciell unserer Krankenzimmer, keimfrei machen bezw. erhalten? bisher verhältnissmässig wenig bearbeitet. Zwar

---

[1] W. Hesse, Ueber quantitative Bestimmung der in der Luft enthaltenen Mikroorganismen. *Mittheilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt.* 1884. Bd. II. S. 182 ff.

[2] R. Petri, Eine neue Methode, Bacterien und Pilzsporen in der Luft nachzuweisen und zu zählen. *Diese Zeitschrift.* 1888. Bd. III. S. 1 ff.

[3] *Annuaire de Montsouris.* 1879 u. folg. Jahre.

[4] Frankland, The distribution of Microorganisms in Air und Frankland and Hart, Further experiments on the distribution etc. *Proceedings of the Royal Society.* 1886. (Anwendung der Hesse'schen Methode.)

besitzen wir bereits eine ganze Reihe von Untersuchungen über die Desinfection von Wohnräumen durch gas- oder dampfförmige Antiseptica; aber hierbei ist niemals der Einfluss der letzteren auf wirklich in der Luft suspendirte Keime geprüft worden, sondern man hat Seidenfäden, Gartenerde u. dgl., an denen Bacterien oder Kokken eingetrocknet waren, an verschiedenen Stellen eines Zimmers hingelegt und dann die Desinficientien auf dieselben einwirken lassen.

Auch wenn wir davon absehen, dass diese Versuchsanordnung eine etwas unvollkommene Nachahmung der natürlichen Verhältnisse ist, so kann es sich doch überhaupt bei all' diesen Versuchen nur um die Desinfection von solchen Zimmern handeln, die während des betreffenden Verfahrens jeglicher Benutzung entzogen sind. Die continuirliche Entfernung der Keime aus dauernd bewohnten Räumen, speciell also auch aus Krankenzimmern, kann natürlich auf diesem Wege nicht erreicht werden; diesem Zwecke soll vielmehr, nach der wohl allgemein herrschenden Anschauung, die Ventilation dienen: sie soll die durch Loslösung vom Fussboden, von den Kleidern, vom Körper der Kranken u. s. w. in die Luft gelangenden Keime baldigst wieder aus derselben entfernen und somit — ausser der Fortschaffung der gasförmigen Stoffwechsel- und Zersetzungsproducte — noch eine zweite, in hygienischer Beziehung fast noch wichtigere Aufgabe erfüllen: etwaige in der Luft suspendirte Infectionsträger zu beseitigen.

Dieser letztere Gesichtspunkt hat denn auch wohl ohne Zweifel viel dazu beigetragen, dass jetzt bei der Anlage neuer Krankenhäuser der Herstellung einer möglichst ausgiebigen Ventilation erhöhte Bedeutung beigelegt wird.

Ob nun aber jene „desinficirende" Wirkung der Ventilation wirklich zukommt, ist bisher noch nicht experimentell untersucht worden.[1] Auf Veranlassung von Hrn. Prof. Flügge und unter seiner Leitung habe ich deshalb während des verflossenen Winters im Breslauer hygienischen Institute diesbezügliche Versuche angestellt.

Dabei musste natürlich zunächst ermittelt werden, wie sich die von uns suspendirten Keime verhalten, wenn sie von Luftströmungen nicht

[1] Nur Neumann (Ueber den Keimgehalt der Luft im städtischen Krankenhause Moabit in Berlin, *Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medicin und öffentliches Sanitätswesen*, 1886, Bd. XLV, S. 312) erwähnt beiläufig, dass bei einem Theil seiner Beobachtungen (nämlich bei den zur Nachtzeit angestellten) darauf geachtet wurde, „ob die Ventilation den Pilzgehalt der Luft in irgend einer Richtung beeinflusse." „Während der Untersuchung sank die kalte Luft häufig aus den oberen Luftklappen mit Erzeugung eines mässig starken Zuges in den Mittelgang, wo der Apparat in Gang war, hinab; trotzdem zeigte sich keine deutliche Beeinflussung der Keimmenge durch die Ventilation."

beeinflusst werden. Ausser auf die Wirkung der Ventilation haben sich dann meine Versuche noch auf einige naheliegende Fragen erstreckt; namentlich wurde untersucht, ob die Entwickelung von Wasserdampf in der Luft schwebende Mikroorganismen rasch niederschlägt: ferner, ob die bei der Ventilation auftretenden Luftströmungen im Stande sind, Keime vom Fussboden, Tapeten, Kleiderstoffen u. s. w. abzulösen.

Die Thatsachen, welche bisher bezüglich des Verhaltens der Mikroorganismen in der Luft bekannt geworden sind, und von denen eine experimentelle Nachahmung der natürlichen Verhältnisse ausgehen musste, lassen sich kurz in folgende Sätze zusammenfassen:[1]

I. Eine Loslösung der Bacterien von feuchten Oberflächen ist — selbst durch starke Luftströmungen — nicht möglich (Naegeli, Wernich u. A.).

II. Daher können Bacterien in lebensfähigem Zustande nur dann in die Luft gelangen, wenn sie das Eintrocknen vertragen.[2]

III. Die Loslösung der Keime findet im Allgemeinen nicht in isolirtem Zustande statt; gewöhnlich haften dieselben an Staubpartikelchen, und zwar meist durchaus nicht an Sonnenstäubchen oder den noch feineren, makroskopisch gar nicht sichtbaren Partikelchen,[3] sondern an relativ gröberen Staubtheilchen. Oft finden sich auch zahlreiche, meist derselben Art angehörige Bacterien zu grösseren Complexen vereinigt (Hesse).

IV. Bei ruhiger Luft findet — entsprechend der Schwere ihrer staubförmigen Träger — ein mehr oder minder schnelles Absetzen der Keime statt.[4]

V. Eine Vermehrung von Mikroorganismen findet in der Luft nicht statt, da es ihnen an der nöthigen Feuchtigkeit fehlt.

VI. In Uebereinstimmung mit den beiden zuletzt angeführten Thatsachen ergiebt sich aus den directen Beobachtungen von Hesse, Frank-

---

[1] Vgl. Flügge, *Die Mikroorganismen.* 1886. 2. Aufl. S. 558. — Koch, *Die Bekämpfung der Infectionskrankheiten, insbesondere der Kriegsseuchen.* 1888. S. 19.

[2] Eine Ausnahme findet da statt, wo durch Verstäuben oder Verspritzen von keimhaltigen Flüssigkeiten kleine Wasserbläschen von Luftströmungen fortgeführt werden. Aber eine solche Fortführung erfolgt meist nur auf kurze Strecken und kann überhaupt nicht als ein wirklicher Uebergang von Keimen in die Luft angesehen werden.

[3] Vgl. die Classification von Naegeli (*Untersuchungen über niedere Pilze*, 1882) in seiner Arbeit: Ueber die Bewegungen kleinster Körperchen.

[4] Koch giebt an (a. a. O., S. 20), dass dies auch bei einer Bewegung der Luft bis zu $0 \cdot 2^{m}$ in der Secunde stattfindet.

land, Petri u. A., dass der Keimgehalt der Luft im Allgemeinen nur ein geringer ist; besonders gering ist derselbe im Freien, zumal bei feuchter Bodenoberfläche, und andererseits auch in solchen geschlossenen Räumen, in denen kein Staub aufgewirbelt wird.

Sollten die Ergebnisse unserer Untersuchungen für die Praxis verwerthbar sein, so musste sich die Anordnung der Experimente möglichst eng an die thatsächlichen Verhältnisse anschliessen. Mit Rücksicht hierauf war der Versuchsplan folgender:

In der Luft eines, mit ausgiebiger und beliebig abstufbarer Ventilation versehenen Zimmers wird bacterienhaltiger Staub möglichst gleichmässig vertheilt. Eine sofort nach dem Ende der Verstäubung vorgenommene, quantitative Bestimmung ergiebt den jetzt vorhandenen Keimgehalt der Luft: „die Aussaat“. Darauf wird durch in bestimmten Intervallen wiederholte Bestimmungen die Abnahme der Keime bei ruhigem Absetzenlassen, bezw. bei Einwirkung der Ventilation in verschiedener Stärke, bezw. bei Entwickelung von Wasserdampf beobachtet. Aus dem Vergleich der bei den letzten beiden Versuchsreihen erhaltenen Resultate mit dem Ergebniss der ersten musste festzustellen sein, inwieweit die Ventilation oder die Entwickelung von Wasserdampf geeignet ist, die in der Luft suspendirten Mikroorganismen schneller aus derselben zu entfernen, als dies durch die blosse Wirkung der Schwere geschieht.

Im Folgenden theile ich zunächst die Versuchsanordnung, dann die gewonnenen Resultate mit; zum Schluss werden die sich aus ihnen ergebenden Folgerungen zu besprechen sein.

I. Versuchs-Anordnung.

Das Versuchszimmer

war ein zweifenstriges, im dritten Stockwerk des Hauses gelegenes Zimmer von 5·40 ^{m} Länge, 5·55 ^{m} Breite und 2·85 ^{m} Höhe; sein Rauminhalt betrug demgemäss 85·41 ^{cbm}.

Das Zimmer hatte zwei Thüren; die eine, der Fensterseite gegenüber gelegen, führte in den Treppenflur, die andere in ein Nebenzimmer, in welchem die für die Bestimmung des Keimgehaltes der Luft nothwendigen Aspiratoren untergebracht waren (s. u.). Die Thüren wurden durch Zwischennageln von Barchendstreifen gedichtet. An den Fenstern wurden die Schlussstellen der Rahmen mit Baumwollbarchend benagelt, dann die Fenster fest geschlossen und sämmtliche Fugen mit Glaserkitt überstrichen, und endlich noch die ganzen Fensterrahmen dick mit Oelfarbe gestrichen.

Die Ventilation wurde folgendermaassen eingerichtet: Der Luftzufuhr dienten vier obere und vier untere quadratische Oeffnungen von je 20 ^{cm} Seitenlänge; sie lagen sämmtlich in der Wand der Fensterseite; die vier unteren wurden in gleichen Abständen dicht über dem Fussboden durch die Mauer gebrochen, mit Zinkblech ausgekleidet und mit einem Schutzgitter zur Abhaltung gröberen Staubes versehen. Behufs Herstellung der vier oberen Oeffnungen wurden die kleineren, oberen Flügel der beiden Fenster durch Blechplatten ersetzt, in welchen sich Oeffnungen von der angegebenen Grösse befanden; ihr unterer Rand lag in einer Höhe von 2·2 ^{m} über dem Fussboden. Nach innen war bei jeder dieser Oeffnungen ein Ansatzrohr von etwa 30 ^{cm} Länge angelöthet. Sämmtliche acht Oeffnungen waren an ihrer inneren Mündung durch gut aufpassende Deckel verschliessbar; auch liess sich mit Hülfe derselben ihr Querschnitt beliebig verkleinern.

Der Luftabfuhr dienten zwei Wasser- und drei Gasventilatoren, welche sämmtlich an bezw. in der den Fenstern gegenüberliegenden Wand angebracht waren; auf der einen Seite standen oben und unten die Wasserventilatoren, und zwar oben ein solcher mit verticalem Flügelrad von Schäffer & Walcker in Berlin, unten einer mit horizontalem Flügelrad von Dannenberg & Quandt. Die Oeffnungen beider waren kreisförmig, die des oberen hatten einen Durchmesser von 16 ^{cm}, die des unteren einen solchen von 11·5 ^{cm}. Auch diese Oeffnungen waren durch Deckel verschliessbar.

Auf der anderen Seite befanden sich zwei obere und eine untere in die Wand des Hauptschornsteines des Hauses gebrochene Oeffnungen, von deren unterem Rande besonders construirte Gasbrenner zur Erzeugung einer langen rauschenden Flamme schräg in das Innere des Schornsteins hineinragten. Die Maasse betrugen:

erste obere	Oeffnung	31 ^{cm}	hoch,	30 ^{cm}	breit,
zweite „	„	33 ^{cm}	„	29 ^{cm}	„
untere	„	41 ^{cm}	„	32 ^{cm}	„

Alle drei Oeffnungen waren durch Klappen zu verschliessen bezw. in ihrem Querschnitt beliebig zu reduciren.

Die Leistungsfähigkeit dieser Ventilationsanlage war eine in jeder Beziehung zufriedenstellende. Sommerventilation (Einströmung unten, Abströmung oben) und Winterventilation (Einströmung oben, Abströmung unten) liessen sich durch Veränderung der Grösse und Zahl der Ein- und Ausströmungsöffnungen, durch Regulirung des Wasserzuflusses, resp. der Flammenhöhe bei den Ventilatoren in beliebiger Abstufung ihrer Intensität herstellen. Behufs Messung der letzteren wurden bei jedem Ventilationsversuch

die Luftgeschwindigkeit[1] in den zur Verwendung kommenden Ausströmungsöffnungen sowie der angewandte Querschnitt der letzteren bestimmt. War bei einem Versuche eine bestimmte Ventilationsgrösse wünschenswerth, so wurde die dazu erforderliche Anordnung vorher ausprobirt. Natürlich wurde während des eigentlichen Versuches nochmals nachgesehen, inwieweit die gewünschte Stärke des Luftwechsels erreicht war.

Die maximale Leistung unserer Ventilation — Oeffnung sämmtlicher acht Eintrittsöffnungen, maximale Wirkung der fünf Ventilatoren — lieferte in einem Versuche 2250 ^{cbm} Luft in der Stunde, was einer etwa 27 maligen Erneuerung der Zimmerluft während dieser Zeit entspricht. —

Bei manchen Versuchen (s. unten) erschien es wünschenswerth, die Menge der auf den Fussboden niedergefallenen Keime annähernd kennen zu lernen. Man hätte zu diesem Zwecke einen bestimmten, kleinen Theil desselben mit einem Schwämmchen oder dergleichen abreiben, diesen in verflüssigtes Nährmaterial bringen und dann Platten giessen können.

Für unseren Zweck war indess folgender Weg einfacher und wohl mindestens ebenso genau: Auf eine quadratische Glasplatte (aus dickem Fensterglase) von ca. 8 ^{cm} Seitenlänge wurde rings ein etwa 3 ^{mm} hoher, 1 ^{cm} breiter Holzrahmen mittelst Glaserkittes befestigt. In diesen Rahmen wurden mosaikartig neun quadratische Holztäfelchen von 2 ^{cm} Seitenlänge und ebenfalls 3 ^{mm} Höhe hineingelegt; um sie leicht neben einander einsetzen und ebenso leicht wieder einzeln herausnehmen zu können, war es zweckmässig, die Seitenflächen dieser Täfelchen nach unten zu etwas abzuschrägen. Die Holzart (Fichtenholz) und der Oelfarben-Anstrich waren dieselben, wie bei dem Fussboden des Versuchszimmers. Vor jedem Versuch wurden die Glasplatten und die Holztäfelchen in Sublimatlösung desinficirt, dann sorgfältig in sterilem Wasser abgewaschen und zwischen sterilisirtem Filtrirpapier getrocknet. Aus dem Fussboden des Zimmers wurden an neun verschiedenen Stellen Löcher von entsprechender Ausdehnung und Tiefe ausgestemmt, derart, dass, wenn man die Glasplatten mit den darauf befindlichen Holztäfelchen hineinsetzte, die Oberfläche der letzteren mit dem übrigen Fussboden in demselben Niveau lag.

Wollte man nun die Menge der auf den Fussboden niedergefallenen Keime, eventuell auch eine etwaige Zunahme oder Abnahme derselben im Laufe eines Versuches bestimmen, so brauchte man nur mit einer geglühten Nadel eines oder mehrere dieser Täfelchen vorsichtig herauszuheben und jedes derselben in eine daneben hingestellte Culturschale hinein-

[1] Die Bestimmung derselben geschah durch Flügelrad-Anemometer von Fuess (Berlin). Die vier angewandten Instrumente zeigten unter sich wie auch bei Vergleichung mit einem Recknagel'schen Anemometer eine befriedigende Uebereinstimmung.

zulegen. In dieser wurde dasselbe später mit dem verflüssigten Nährmaterial übergossen und die anhaftenden Keime durch Umherziehen des Täfelchens (mittels einer vorher durch Glühen sterilisirten Pincette) abgelöst; obgleich dies, wie die Erfahrung zeigte, leicht und vollständig gelang, so liess ich doch das Täfelchen selbst in der Schale, um etwa noch an demselben haften gebliebenen Keimen Gelegenheit zum Auswachsen zu geben.

Vor Beginn der Versuche wurde das Zimmer gereinigt und desinficirt: die Decke frisch gekalkt, Fussboden und Tapeten, sowie die Eintrittsöffnungen für die Luft mit 1 $^0/_{00}$ Sublimatlösung abgewaschen. Aus den weiter unten zu besprechenden Ergebnissen unserer Versuche folgt, dass eine Desinfection des Zimmers durchaus nicht etwa vor jedem neuen Versuche erforderlich ist. Nothwendig wird dieselbe nur dann, wenn die Art des zur Verstäubung kommenden Materials gewechselt wird.

Die Auswahl des Verstäubungs-Materials.

Nach den oben zusammengestellten bisherigen Erfahrungen über das Verhalten der Mikroorganismen in der Luft sind wir zu der Annahme berechtigt, dass auch diejenigen pathogenen Mikroorganismen, welche das Austrocknen vertragen und bei welchen somit die Möglichkeit einer Luftinfection vorliegt, an Staubpartikelchen haften. Je feiner diese Partikelchen sind, desto länger werden sie in der Luft suspendirt bleiben, desto länger wird mithin auch die Gefahr einer Infection bestehen. Es wäre aber, wie ebenfalls schon oben erwähnt, ein Irrthum, anzunehmen, dass gerade die kleinsten Staubpartikelchen (so fein wie Sonnenstäubchen oder noch feiner) die Träger der Mikroorganismen seien.

Wollten wir nun die natürlichen Verhältnisse möglichst getreu nachahmen, so konnten wir dies kaum auf einem anderen Wege erreichen, als indem wir den Staub aus Zimmern, in denen viele Menschen verkehren, benützten. Der Ursprung dieses Staubes ist natürlich ein höchst mannigfaltiger; er besteht zum Theil aus kleinen Erdpartikelchen, die von den in das Zimmer gelangenden Menschen mit Schuhen und Kleidern hereingebracht werden; ferner aus feinen Fäserchen pflanzlicher und thierischer Herkunft, die sich von den verschiedenen Kleidungsstücken loslösen; ein anderer Theil des Staubes ist durch Fenster und Thüren von der Strasse u. s. w. hineingelangt und seine Zusammensetzung wird demnach von den verschiedensten äusseren Umständen abhängen.

Nun ist freilich ein sehr beträchtlicher Theil dieses Staubes zur Vermittelung einer Luftinfection nicht geeignet; die grösste Menge des gewöhnlichen Stubenkehrichts ist zu schwer, um selbst nur kürzere Zeit in der Luft schweben zu bleiben. Für unsere Verstäubungsversuche war es

zweckmässig, von vornherein diese schwereren Antheile des Staubes möglichst auszuschliessen. Dies liess sich bis zu einem gewissen Grade erreichen, indem wir nicht den eigentlichen Kehricht, sondern nur solchen Staub, der sich in einer Höhe von mindestens 2 m abgelagert hatte, benützten. Von diesem Material konnte man von vornherein mit Sicherheit annehmen, dass es zum Theil aus solchen Staubtheilchen besteht, welche längere Zeit in der Luft geschwebt haben. Da für unsere Experimente, bei denen ein ganzes Zimmer mit Staub erfüllt werden sollte, grössere Mengen desselben erforderlich waren, so kam es darauf an, einigermassen ergiebige Fundorte für denselben zu ermitteln. Als solche erwiesen sich nun die oberen Flächen der Schränke und die Lampenschirme in manchen Schulen. Von ihnen habe ich denn auch den grössten Theil des Versuchsmaterials entnommen.[1] Beim Abkehren des Staubes musste natürlich sehr behutsam verfahren werden, weil sonst ein grosser Theil des feinsten und für uns werthvollsten Materiales in die Luft übergegangen wäre; ganz und gar lässt sich dies allerdings nicht vermeiden.

Das so gewonnene Material war nun in der That zu einem Theile recht fein; der leiseste Anstoss genügte, um eine kleine Wolke desselben sich erheben zu lassen, beim Verstäuben bemerkte man, dass ein Theil desselben nur bei directer Beleuchtung durch die Sonne sichtbar wurde, also in der That die Feinheit von Sonnenstäubchen hatte; ebenso konnte man freilich sehen, dass ein anderer Theil sich rasch zu Boden senkte.

Bei der grossen Wichtigkeit, welche die Auswahl des Verstäubungsmaterials für die Tragweite unserer Versuche hatte, schien es geboten, auch noch andere Staubsorten zu versuchen. Ich verschaffte mir deshalb sogenannten „Hadernstaub“ aus einer Papierfabrik, sowie Staub aus den Arbeitsräumen einer Filzhutfabrik. Beide Staubsorten enthalten zunächst sehr viele gröbere Theilchen beigemischt. Um eine Sonderung des feinsten Materials zu bewirken, wäre ein einfaches Durchsieben des Staubes kaum hinreichend gewesen; denn es kam für unsere Zwecke nicht auf die absolute Grösse, sondern auf das specifische Gewicht der Theilchen an. Deshalb verfuhren wir in folgender Weise: in einem kleinen Zimmer wurden die beiden, mit einander gemischten Staubsorten kräftig ausgeklopft; nach 10 bis 15 Minuten hatte sich die Hauptmasse des so entstandenen Staubes bereits wieder zu Boden gesenkt; diese wurde nun sofort entfernt und

---

[1] Ausserdem benützte ich den Staub aus einer Bibliothek, auch hier nur solchen, der sich über der genannten Höhe abgelagert hatte.

Sehr viel Staub findet sich auch, wie ja bekannt, auf den Oefen; doch ist derselbe für unsere Zwecke weniger brauchbar, weil ihm meist Lehmtheilchen beigemischt sind.

dann der Fussboden des Zimmers mit dickem Papier (Packpapier) belegt; nach 18 bis 24 Stunden, während welcher Zeit das Zimmer von Niemandem betreten worden war, fand sich auf dem Papier eine ganz dünne Schicht feinsten Staubes vor, der nun langsam und vorsichtig zusammengekehrt und gesammelt wurde.

Dieses Verfahren ist freilich unbequem in seiner Ausführung und wenig ergiebig: wir brauchten 14 Tage, ehe eine zu zwei Verstäubungen hinreichende Menge gesammelt war. Aber es ist unzweifelhaft ein sicherer Weg, um solchen Staub zu erhalten, der wirklich schon längere Zeit in der Luft geschwebt hat. Die Versuche haben gezeigt, dass dieses Material in der That leichter ist und daher länger in der Luft schweben bleibt, als der Schulstaub; leider konnten nicht mehrere Versuche mit demselben oder mit noch anderen Staubsorten angestellt werden, da das Versuchszimmer nothwendig für andere Zwecke gebraucht wurde.

Endlich wurden noch zwei Versuche mit Sporen von Aspergillus niger gemacht; aus dem eben genannten Grunde war auch hier eine weitere Fortsetzung derselben nicht möglich.

Die Versuche mit dem Fabrikstaub und den Schimmelpilzsporen hatte Herr Dr. Bitter die Güte auszuführen, da ich durch meinen Fortgang von Breslau daran verhindert war.

Die Zubereitung des Verstäubungs-Materials.

Wir hätten nun den gesammelten Staub ohne Weiteres in der Luft des Versuchszimmers vertheilen, die damit in die Luft gelangten Keime zählen und dann die Abnahme derselben unter dem Einfluss der Ventilation u. s. w. beobachten können. Da man aber von vornherein annehmen darf, dass der Keimgehalt des Staubes ein recht ungleichmässiger ist, da es ferner bei diesem Verfahren nicht möglich gewesen wäre, zu entscheiden, wie viele der von uns gezählten Bacterien während der Ventilationsversuche von aussen in die Zimmerluft hineingelangt waren, so erschien es zweckmässiger, den Staub zunächst zu sterilisiren und mit einer bestimmten, in der Luft nicht vorkommenden Bacterienart zu imprägniren, darauf wieder zu trocknen und nun erst zu den Versuchen zu benützen.

Behufs Sterilisation wurde der Staub in hermetisch verschlossenen Glasbüchsen 6 bis 8 Stunden lang im Dampfofen auf 100° erhitzt. Eine so lange Einwirkung dieser Temperatur ist deshalb nöthig, weil sich, wie Vorversuche ergaben, in dem von uns verwendeten Staube äusserst resistente Sporen fanden, welche selbst nach einem $4^1/_2$ stündigen Aufenthalt im Dampfofen noch entwickelungsfähig bleiben.[1]

[1] Versucht man die Sterilisation im Trockenofen bei höherer Temperatur, so tritt sehr leicht ein theilweises Verkohlen des Staubes ein. Zur Abkürzung der oben genannten Erhitzungsdauer wäre daher die Anwendung des Autoclaven zu empfehlen.

Es handelte sich nun darum, einen zur Imprägnation des Staubes geeigneten Mikroorganismus zu finden. Derselbe musste offenbar folgenden Bedingungen genügen:

1. er musste, um später in verstäubbaren Zustand übergeführt werden zu können, das Eintrocknen vertragen;

2. er durfte in der Luft für gewöhnlich nicht vorkommen;

3. er durfte nicht pathogen sein;

4. er musste in seinem morphologischen Verhalten oder in der Art seines Wachsthums charakteristisch sein, um leicht von den in der Luft vorkommenden Keimen oder von zufälligen Verunreinigungen unterschieden werden zu können.

Alle diese Anforderungen erfüllt der Bacillus Megaterium;[1] wegen seiner ungewöhnlichen Grösse ist er bei mikroskopischer Untersuchung mit anderen Bacterienarten kaum zu verwechseln; übrigens sind auch seine Colonieen von denen der gewöhnlichen Luftbacterien — wenigstens derjenigen, die mir bei meinen Versuchen vorgekommen sind — nach einiger Uebung leicht zu unterscheiden.

Zur Imprägnation des Staubes verwandte ich Reinculturen in $^1/_2$ bis 1 procent. Fleischextract-Lösung, die theils bei 22°, theils bei 35° gehalten wurden. Schon nach 2 bis 3 Tagen bilden sich Sporen aus und nach etwa 14 Tagen sind die vegetativen Formen fast völlig verschwunden. Die Nährlösungen sind theils gleichmässig getrübt, theils bilden sich Flocken, die sich zu Boden senken; doch lassen sich letztere durch Schütteln leicht vertheilen. Allerdings findet man nicht selten bei der mikroskopischen Untersuchung von solchen Culturen, die fast nur noch Sporen enthalten, grössere, zusammenhängende Complexe derselben, — ein Umstand, auf den wir später noch zurückkommen müssen.

Nachdem die Reinheit der Culturen in jedem Falle durch mikroskopische Untersuchung geprüft war, wurde der sterilisirte Staub mit der Culturflüssigkeit in einem sterilisirten Porcellanmörser verrieben; das Mengenverhältniss von Staub und Flüssigkeit wurde so gewählt, dass das imprägnirte Material die Consistenz eines mässig dicken Breies bekam; dies lässt sich nach einigem Probieren unschwer erreichen.

---

[1] Derselbe wurde von de Bary (s. *Vergleichende Morphologie der Pilze*, 1884, S. 499) zuerst auf gekochten Kohlblättern beobachtet. Die einzelnen Bacillen sind etwa 2·5 μ breit (also über doppelt so breit wie Milzbrandbacillen), und 4 bis 6 mal so lang als breit; sie zeigen eine langsame Eigenbewegung, bilden oft Ketten von nicht sehr beträchtlicher Gliederzahl und zeigen exquisite Sporenbildung.

Alsdann wurde das Material auf vorher geglühte, feinmaschige Eisendrahtnetze gebracht und unter der Luftpumpe über Chlorcalcium getrocknet. Schon nach 36 bis 48 Stunden war dasselbe in verstäubungsfähigem Zustande. Nun wurde es mit einem sterilisirten Messer von den Drahtnetzen abgeschabt, im Porcellanmörser wieder fein zerrieben und bis zum Gebrauch in Glasgefässen mit Watteverschluss aufbewahrt. — Weit einfacher war die Herstellung des Schimmelpilzmaterials. Der Aspergillus niger wurde auf Brodbrei gezüchtet, die Cultur von demselben abgekratzt, unter der Luftpumpe getrocknet und dann direct in den Verstäubungsapparat gebracht.

Die Verstäubung.

Zur Vertheilung des Staubes in der Luft des Versuchszimmers benützte ich einen Pulverzerstäuber, wie er jetzt von den Chirurgen zum Verstäuben von Jodoform u. s. w. viel angewandt wird, und zwar eine Form, bei welcher die comprimirte Luft einen Kautschukschlauch von etwa $^3/_4$ m Länge zu passiren hat, ehe sie in das mit dem zu verstäubenden Material angefüllte Glasgefäss gelangt;[1] in diesen Schlauch wurde ein kurzes, mit Wattepfropf versehenes Glasrohr eingeschaltet, und auf diese Weise die in der hindurchgetriebenen Luft enthaltenen Keime zurückgehalten. Das Glasgefäss wurde vorher durch trockne Hitze, die Kautschuktheile durch Sublimatlösung, die dann durch Alkohol und steriles Wasser entfernt wurde, sterilisirt.

Die Verstäubung wurde dann möglichst gleichmässig im ganzen Zimmer vorgenommen; zur besseren Vertheilung, namentlich auch in verticaler Richtung, wurde gleichzeitig ein grosser, japanesischer Fächer langsam hin- und herbewegt. Die Versuchsresultate ergaben, dass dieses einfache Verfahren völlig hinreicht, um eine annähernd gleichmässige Vertheilung des Staubes zu erzielen. Die Dauer einer Verstäubung betrug 10 bis 15 Minuten.

Die Zählung der Luftkeime.

Zur quantitativen Bestimmung der in der Zimmerluft verstäubten Bacterien benützte ich die von Petri (a. a. O.) sorgfältig ausgearbeitete Methode der Sandfilter. Sie beruht auf der schon seit einiger Zeit bekannten[2] Thatsache, dass Kies- oder Sandschichten von mässiger Dicke sämmtliche Keime aus der durch sie hindurchgeleiteten Luft zurückzuhalten vermögen.

---

[1] In dem Cataloge von H. Härtel (Breslau) als Zerstäuber nach Kabierske bezeichnet.

[2] Naegeli (*Untersuchungen über niedere Pilze,* S. 127) fand bereits im Jahre 1873, dass Luft, welche durch Kies hindurchgesogen, hierdurch keimfrei gemacht wird.

Bei der Anfertigung der Filter habe ich mich im Wesentlichen an Petri's Angaben gehalten; ich benützte Glasröhren von ca. 9 cm Länge und 1·8 cm Durchmesser, in welche je zwei, durch Drahtnetze gestützte Sandfilter von 3 cm Länge eingefügt waren.

Zur Aspiration der Luft benützte ich Flaschen von 6 Liter Inhalt, welche zu je zweien durch Glasröhren und Gummischläuche derart mit einander verbunden waren, dass sich stets der Inhalt der einen in die andere durch Heberwirkung entleerte, und somit die Vertauschung der Plätze der Flaschen, sowie eine Umschaltung der zum Sandfilter führenden Leitung genügten, um sofort eine neue Bestimmung in Gang zu setzen. Die Aspiratoren waren in dem neben dem Versuchsraume gelegenen Zimmer aufgestellt; die Verbindung mit den Sandfiltern erfolgte durch Bleiröhren, welche durch die Wand hindurchgelegt waren. Vor Beginn und am Ende jeder Bestimmung musste das Versuchszimmer betreten werden, um die Wattepfropfen von den Filtern zu entfernen, resp. wieder aufzusetzen; in der Zwischenzeit wurden dieselben auf einem geglühten Drahtnetz aufbewahrt.

Die offene Mündung der Filter war nach oben gerichtet. Meist wurden durch ein Filter 12 Liter Luft hindurchgesogen; die dazu erforderliche Zeit betrug 5 bis 6 Minuten; hieraus und aus dem Durchmesser des Filters lässt sich die Geschwindigkeit der Luft in demselben[1] berechnen; man findet dieselbe (c) nach folgender, leicht abzuleitender Formel:

$$c = \frac{v}{r^2 \cdot \pi \cdot t},$$

wo v das hindurchgesogene Luftvolumen (ccm),
r den halben Durchmesser des Filters (cm),
t die Zeit (Sec.)

bedeutet. So finden wir z. B. für:

$$v = 12{,}000, \quad r = 0 \cdot 9, \quad t = 6 \times 60 = 360$$

$$c = \frac{12{,}000}{0 \cdot 81 \,.\, 3 \cdot 14 \,.\, 360} = 13 \cdot 1 \text{ cm in der Secunde.}$$

Die Korngrösse des für die Herstellung der Filter verwendeten Sandes betrug 0·5 bis 1 mm.[2] Petri hat meist mit einer Korngrösse von 0·25

---

[1] Allerdings bezieht sich die so berechnete Geschwindigkeit nur auf den nicht von Sand erfüllten Theil des Filterröhrchens, da nur in diesem der Luft ein Querschnitt von $r^2\pi$ zur Verfügung steht. In dem Sande selbst dagegen muss die Geschwindigkeit wegen der sehr starken Verengerung des von der Luft passirten Querschnittes eine ausserordentlich viel grössere sein.

Diese Bemerkung gilt natürlich auch für die Geschwindigkeitsangaben von Petri.

[2] Eine noch geringere Korngrösse hätte den Widerstand der Sandfilter erhöht und daher eine längere Dauer der einzelnen Luftentnahme bedingt.

bis 0·5 mm gearbeitet, giebt jedoch selbst an, dass auch eine solche von 0·5 bis 1 mm bereits völlig ausreicht, damit sämmtliche Keime oder wenigstens die ganz überwiegende Mehrzahl derselben schon in dem ersten Sandfilter zurückgehalten werden; da bei meinen Versuchen die Luft mit bedeutend geringerer Geschwindigkeit aspirirt wurde, als bei denjenigen Petri's,[1] so musste dies um so sicherer der Fall sein. In der That blieben die Platten, auf welche ich den Sand des zweiten Filters ausgoss, entweder ganz steril oder es wuchsen nur sehr wenige Colonieen auf denselben, was das Versuchsresultat nicht beeinflussen konnte. Deshalb sah ich später ganz davon ab, das zweite Filter auszugiessen; das erste wurde meist auf drei, selten auf zwei oder vier Schalen vertheilt. Die Vertheilung erfolgte meist wenige Stunden nach dem Versuch, zuweilen erst am nächsten Tage.

Da der Bac. Megaterium die gewöhnliche Nährgelatine energisch verflüssigt — was die Zählung der Colonieen erschwert oder sogar unmöglich macht, bediente ich mich als Nährbodens eines Gemisches von Agar-Agar ($1^1/_2$ Procent) und Gelatine ($2^1/_2$ Procent).[2] Vor der Anwendung des Agar-Agar allein hatte dieses Gemisch den Vorzug grösserer Transparenz, wodurch natürlich die Zählung und Erkennung tief zwischen den Sandkörnern gelegener Colonieen erleichtert wird. Ausserdem hat das Gemisch nicht, oder doch nur in unbedeutendem Maasse die bei reinem Agar-Agar oft sehr störend wirkende Eigenschaft, bei 35° C. Wasser auszupressen. Um eine möglichst vollständige Ablösung der Keime von den Sandkörnern zu bewirken, wurden die letzteren in dem noch flüssigen Nährmaterial umhergerührt; dazu benützte ich starke Platindrähte, die zu einer Oese umgebogen und selbstverständlich vor dem jedesmaligen Gebrauche geglüht wurden. Damit die Agar-Gelatine während dieses Umrührens nicht zu schnell erstarrte, setzte ich die Culturschalen auf einen mit Wasser gefüllten flachen Blechkasten, der vorher auf ca. 40° C. erwärmt war.[3]

Nach dem Erstarren wurden die Culturen in einen Brütofen von 35° C. gebracht. Schon nach 36 Stunden waren sämmtliche Megaterium-Colonieen sehr gut zählbar, die oberflächlichen hatten zu dieser Zeit bereits eine recht stattliche Grösse erlangt. So konnte denn jeder Versuch schon nach zwei Tagen ausgezählt werden;[4] dies geschah mit Hülfe eines Zählbretts.

---

[1] A. a. O. S. 59.

[2] Dasselbe wird bei einer Temperatur von etwa 95° flüssig und erstarrt bei 35°.

[3] Durch eine in dem Deckel des Blechkastens befindliche Oeffnung konnte ein Thermometer in das Wasser gebracht werden.

[4] Das Auswachsenlassen der Colonieen bei höherer Temperatur bot ausserdem noch den Vortheil, dass dadurch die Entwickelung von Penicilliumkeimen, die in der

Ich muss hierbei noch einer Erscheinung gedenken, deren Deutung für die Zählung der Colonieen von Wichtigkeit ist. Nicht selten kamen nämlich auf den Platten grössere und kleinere, theils oberflächliche, theils tiefgelegene Complexe aus dicht gedrängten, z. Th. confluirten Megaterium-Colonieen zur Beobachtung. Theils entstanden dieselben wahrscheinlich durch Ausscheidung von Condensationswasser, theils erklärt sich ihr Auftreten wohl daraus, dass sich, wie oben erwähnt, in den Fleischextract-Culturen zuweilen Complexe von Sporen vorfanden, die dann bei der Imprägnation des Staubes nicht immer genügend getrennt wurden. Welches nun auch der Ursprung dieser Colonieencomplexe sein mag, jedenfalls wäre es nicht richtig gewesen, ihre einzelnen Colonieen da, wo dies überhaupt möglich war, auszuzählen; deshalb habe ich unten das Auftreten von Complexen stets besonders angegeben.

Untersuchung von Tapeten, Kleiderstoffen u. s. w.

Hierbei wurde ganz ähnlich verfahren, wie bei der Untersuchung des Fussbodens (S. 49). Ich schnitt mir kleine, quadratische Stückchen (2^{cm} Seitenlänge) des betreffenden Materials zurecht, sterilisirte sie im Dampfofen und bestäubte sie, nachdem sie wieder getrocknet waren, mit dem Megateriummaterial. Dann wurden sie auf sterilisirter Unterlage mittelst Stecknadeln fixirt, die Tapetenstückchen an der Wand des Versuchszimmers, die Stoff- und Leinwandproben auf einem Tisch. Vor und nach der Einwirkung der Ventilation entnahm ich Proben und brachte sie vorsichtig, um jede Ablösung von Staubtheilchen zu vermeiden, in Culturschalen; hier wurden sie später mit Agar-Gelatine übergossen und in derselben vor dem Erstarren mittelst sterilisirter Pincette hin- und herbewegt.

II. Versuchs-Ergebnisse.

Vorbemerkung. Die Sandfilter befanden sich, wenn nicht anders angegeben, in einer Höhe von $1 \cdot 2^{m}$ über dem Fussboden. Die entnommene Luftmenge betrug meist 12 Liter, in vereinzelten Bestimmungen nur 6; die bei den letzteren gewonnenen Zahlen sind, um mit den übrigen vergleichbar zu sein, mit 2 multiplicirt. Ausser in den Vorversuchen wurde, wie schon oben bemerkt, stets nur das erste Filter jedes Röhrchens auf Schalen vertheilt. Im Folgenden sind die Zahlen der auf den einzelnen Schalen gewachsenen Colonieen bereits addirt. Wenn einige Colonieen

---

Luft relativ zahlreich enthalten sind, gehindert wurde. Bei einer Bestimmung, welche in einer der Lufteintritts-Oeffnungen gemacht wurde, und die ich bei 20° auswachsen liess, fanden sich in 12 Litern Luft 17 Schimmel-, (meist Penicillium) und zwei Bacterien-Colonieen.

einer anderen Bacterienart angehörten, als Megaterium, so ist dies in Klammern hinzugefügt. Die Zeitangaben beziehen sich auf den Beginn der einzelnen Bestimmungen, und zwar ist stets die Zahl der seit Beendigung der Verstäubung verflossenen Minuten angegeben. Bei den Ventilationsversuchen ist die seit Ingangsetzen der Ventilation verflossene Zeit in Klammern beigefügt.

1. Absetzenlassen der Keime.

Versuche mit Schulstaub.

I. Zwei Sandfilter nahe der Zimmermitte aufgestellt; die Bestimmungen wurden abwechselnd an beiden Stellen vorgenommen, und zwar mit Filter I, III, V, VII an der einen, mit Filter II, IV, VI an der anderen.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	629	0		
		2	II	805
III	73	11		
		20	IV	51
V	63	35		
		58	VI	30
VII	0	270		

Bei diesem Versuche wurde gleichzeitig nachgesehen, ob sich eine Vermehrung der Keime auf dem Fussboden in Folge des Absetzens aus der Luft nachweisen lässt. Es wurden an drei Stellen des Zimmers die oben beschriebenen Glasplatten mit den Holztäfelchen eingelegt und verschiedene Zeit nach der Verstäubung Proben entnommen. Indess zeigte sich, dass die Vertheilung des Staubes auch auf dicht neben einander gelegenen Täfelchen nicht gleichmässig genug war, um eine sichere Beurtheilung in Bezug auf eine etwaige Zunahme der Keimmenge zu gestatten. So fanden sich z. B. an zwei Stellen des Zimmers bei der Entnahme von je zwei Täfelchen:

1/4 Stunde nach der Verstäubung	140 und 258 Colonieen,	240 und 280 Colonieen,
3/4 „ „ „ „	400 und 480 „	240 und 250 „
4 „ „ „ „	165 und 400 „	150 und 320 „

Durch eine einfache Ueberlegung lässt sich zeigen, dass die zu erwartenden Ausschläge bei dieser Versuchsanordnung so gering sind, dass sie innerhalb der Schwankungen in der Vertheilung des Staubes liegen. Ueber jedem Täfelchen von 4 qcm Oberfläche befindet sich, da die Höhe des Zimmers 2·85 m beträgt, eine Luftsäule von 0·0011 cbm = 1·1 Liter

Inhalt. Nun waren zu Beginn des Versuches in 12 Liter Luft 6—800 Keime, in 1·1 Liter also 55—72 Keime enthalten (1/4 Stunde nachher sogar schon beträchtlich weniger), während die Keimmengen auf zwei dicht neben einander gelegenen Täfelchen zuweilen Differenzen um über 200 zeigten.

Besser lässt sich das allmähliche Senken der Keime durch gleichzeitige Untersuchung in verschiedenen Höhen demonstriren, wie es folgender Versuch zeigt:

II. An zwei vertical über einander gelegenen Stellen des Zimmers werden in Höhen von 0·7 und 2·4 m über dem Fussboden Sandfilter angebracht.

Filter-Nr.	Obere Entnahmestelle	Zeit	Filter-Nr.	Untere Entnahmestelle
I	170	0	II	110
III	19	10	IV	56 u. ein grösserer tiefer Complex
V	7	30	VI	23 u. mehrere oberfl. Complexe
VII	8 (3 nicht Meg.)	60	VIII	19

Als weitere Belege für das schnelle Absetzen der von uns suspendirten Keime bei ruhiger Luft mögen noch folgende zwei Versuche dienen.

III. Entnahme in der Mitte des Zimmers.

Gegen Ende der Verstäubung: über 300 einzelne Colonieen und mehrere Complexe.
5 Min. nach beendeter Verstäubung: 215 einzel. Col. u. ein grosser oberflächl. Complex,
35 „ „ „ „ 38 Colonieen,
60 „ „ „ „ 12 Colonieen und 1 Complex.

IV. Entnahme wie bei III. Geringere Aussaat.

Zeit	Colonieen
0	40 und 1 tiefer Complex
36	5 (4 nicht Megat.)
80	0
132	4 (2 nicht Megat.)

Das von uns angewandte Material senkt sich somit zum grössten Theile schon in den ersten 20—30 Minuten nieder; nach $1^1/_2$ Stunden enthält die Luft nur noch sehr wenige Keime; wartet man noch länger, so findet man sie meist vollständig keimfrei.

Dafür, dass sich die unter natürlichen Verhältnissen in der Luft vorkommenden Mikroorganismen in dieser Beziehung ähnlich verhalten, wie die von uns künstlich verstäubten, spricht die bereits von Hesse u. A. constatirte Thatsache, dass die Luft in Zimmern, in denen kein Staub aufgewirbelt wird, nahezu keimfrei ist. Auch ich konnte dies nur bestätigen. Eine Bestimmung in dem Versuchszimmer, nachdem dasselbe einige Stunden lang von Niemandem betreten worden war, ergab in 12 Liter Luft nur einen Bacterienkeim.[1] Ein anderes Mal, nachdem in dem Zimmer bereits mehrfach und ohne besondere Vorsicht hin- und hergegangen worden war, fanden sich bei zwei gleichzeitigen Bestimmungen 8 resp. 14 Keime in 12 Litern. Nachdem durch Kehren des Zimmers Staub, der sich von früheren Versuchen auf dem Boden abgesetzt hatte, aufgewirbelt worden war, fanden sich nunmehr in derselben Luftmenge 72 resp. 74 Keime.

Versuch mit dem Fabrikstaub.

V. Anordnung wie bei Nr. I. Sehr reichliche Aussaat.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	3860	0	II	3870
III	1661	25	IV	1009
V	456	50	VI	756
VII	576	70	VIII	578
IX	72	120	X	78

Das Absetzen der an diesem leichteren Material haftenden Keime erfolgt also beträchtlich langsamer, als bei den Versuchen mit Schulstaub; aber auch hier hat sich bereits nach 25 Minuten weit mehr als die Hälfte zu Boden gesenkt.

Nach welcher Zeit völlige Keimfreiheit eintritt, konnte leider nicht festgestellt werden, da es, wie oben erwähnt, nicht möglich war, weitere Versuche mit diesem Material anzustellen.

Versuch mit Sporen von Aspergillus niger.

VI. Der Sand jedes Filters wurde auf vier Schalen vertheilt; dieselben sind der Reihe nach mit *a*, *b*, *c*, *d* bezeichnet. Bei der Verstäubung gelangten so grosse Mengen der Sporen in die Luft, dass die Zählung recht schwierig war; auch konnte dieselbe nur ungenau sein, weil nur die oberflächlichen Colonieen berücksichtigt werden konnten, während es nicht

[1] Etwa vorhandene Penicillium-Keime konnten allerdings, da die Platten bei 35° gehalten wurden, nicht zur Entwickelung kommen.

möglich war, etwaige, innerhalb des Nährbodens (Agar-Gelatine) entstandene Mycelien mit Sicherheit zu erkennen. Wenn die Zahl der Colonieen auf einer Platte 3000 überstieg, so war eine Zählung überhaupt nicht mehr möglich, und ist dies durch ∞ angedeutet. Um die Abnahme des Keimgehaltes deutlicher hervortreten zu lassen, sind die Resultate der einzelnen Platten nicht summirt worden. Anordnung wie beim vorigen Versuch.

Filter-Nr.	Platten				Zeit	Filter-Nr.	Platten			
	a	*b*	*c*	*d*			*a*	*b*	*c*	*d*
I	∞	∞	∞	∞	0					
II	∞	∞	∞	1425	25	III	∞	∞	∞	ca. 2000
IV [1]	∞	∞	∞		45	V	∞	∞	∞	2—3000
VI	2—3000	1000	1500	800	60					
VII	2—3000	1000	12—1500	680	120	VIII	1000	12—1500	850	900

Auch hier ist jedenfalls eine deutliche continuirliche Abnahme der Keime zu constatiren, die wahrscheinlich noch langsamer erfolgt als bei dem Fabrikstaub; mit Sicherheit ist dies allerdings nach den beiden vorstehenden Versuchen nicht zu entscheiden.

2. Versuche mit Ventilation.

Sofort nach dem Ende der Verstäubung wurde eine Luftbestimmung vorgenommen und bald nach Beendigung derselben die Ventilation in Gang gesetzt. Bis auf Nr. XIII und XIV wurden sämmtliche Versuche mit Schulstaub angestellt.

A. Versuche mit gewöhnlicher Ventilations-Grösse.

(1—3malige Lufterneuerung in der Stunde.)

VII. Sommer-Ventilation: 1·8fache Lufterneuerung in der Stunde. Lufteintritt durch die vier unteren stark verengten Oeffnungen. Luftaustritt durch den oberen Wasserventilator und einen der oberen Gasventilatoren. Luftentnahme in der Mitte des Zimmers. Beginn der Ventilation 6 Minuten nach dem Ende der Verstäubung.

Zeit	
0	260 und ein grosser Complex
7 (1)	152
15 (9)	60 und einige oberflächliche Complexe
23 (17)	38
45 (39)	20
60 (54)	23
90 (84)	10 und ein kleiner Complex

[1] Nur auf 3 Schalen vertheilt.

Ein beschleunigender Einfluss der Ventilation auf die Entfernung der Keime aus der Luft ist aus diesen Zahlen nicht zu erkennen.

Bald nach Beginn der Ventilation wurden auch in den beiden Ausströmungsöffnungen Bestimmungen gemacht.

In dem oberen Gasventilator betrug die Geschwindigkeit im Mittel aus mehreren Messungen 38 ^{m} in der Minute oder 0·63 ^{m} in der Secunde. In 12 Litern Luft fanden sich 32 Keime, zum grössten Theile Megaterium.

In dem oberen Wasserventilator betrug die Geschwindigkeit im Mittel 68 ^{m} in der Minute oder 1·13 ^{m} in der Secunde. In 12 Litern Luft fanden sich 65 Keime.

Es werden also durch die hier vorhandenen Strömungen zwar Keime fortgeführt; aber die Menge derselben ist nicht bedeutend genug, um einen wesentlichen Einfluss auszuüben. Auch nimmt — wie leicht verständlich und durch Bestimmungen bei anderen Ventilationsversuchen, die ich nicht näher mitzutheilen brauche, direct nachgewiesen wurde — die Menge der durch die Ventilation fortgeführten Keime sehr rasch ab, indem offenbar der grössere Antheil des Staubes, der Schwere folgend, langsam zu Boden sinkt.

VIII. Sommerventilation; etwa zweimalige Lufterneuerung in der Stunde. Anordnung ähnlich wie beim vorigen Versuch. Beginn der Ventilation 4 Minuten nach dem Ende der Verstäubung.

Zeit	Colonieen
0	226
17 (13)	68
40 (36)	12 (2 nicht Megat.)
61 (57)	14 (3 nicht Megat.)

Das Resultat ist im Wesentlichen dasselbe, wie beim vorigen Versuch.

IX. Sommerventilation; etwa dreimalige Erneuerung in der Stunde. Gleichzeitige Bestimmung an zwei Stellen des Zimmers. Beginn der Ventilation 10 Minuten nach dem Ende der Verstäubung.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	180	0	II	280
III	60	19 (9)	IV	62
		30 (20)	V	26
VI	23	35 (25)		
VII	8	58 (48)		
VIII	3 (1 nicht Meg.)	280 (270)		

Also auch hier keine merkliche Beschleunigung der Entfernung der Keime; ob das Auftreten von vereinzelten Megaterium-Keimen noch 4 Stunden 40 Minuten nach der Verstäubung auf ein längeres Schwebenbleiben unter dem Einfluss der bei der Ventilation auftretenden Luftströmungen zu beziehen ist, oder ob es sich hierbei um zufällige Verunreinigungen handelt, möchte ich dahingestellt sein lassen.

X. Winterventilation; 2·3 malige Lufterneuerung in der Stunde. Gleichzeitige Bestimmung an zwei Stellen des Zimmers. Beginn der Ventilation 5 Minuten nach dem Ende der Verstäubung.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	1338	0	II	2076
III	412	8 (3)	IV	318
V	97	25 (20)	VI	140
VII	21	50 (45)	VIII	32
IX	8	65 (60)	X	3

Hier scheint in der That eine etwas schnellere Entfernung der Keime aus der Luft erfolgt zu sein, als beim blossen Absetzenlassen; trotz der sehr reichlichen Aussaat finden sich 65 Minuten nach dem Ende der Verstäubung nur noch ganz vereinzelte Keime vor. Indess ist der Effect der Ventilation jedenfalls nur sehr unbedeutend.[1]

B. Versuche mit stärkerer Ventilation.

(4—7 malige Lufterneuerung in der Stunde.)

XI. Winterventilation; 4·2 malige Lufterneuerung. Anordnung wie beim vorigen Versuch.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	1942	0	II	2113
III	840	10 (5)	IV	510
V	61	27 (22)	VI	128
VII	17	52 (47)	VIII	11
IX	2	65 (60)	X	0

[1] Dass die Winter-Ventilation in dieser Stärke bereits eine, wenn auch nur geringe Wirkung zeigt, während die Sommer-Ventilation selbst bei 3 facher Lufterneuerung in der Stunde noch gar keinen merklichen Einfluss hat, dürfte vielleicht darin seine Erklärung finden, dass bei der ersteren schräg von oben nach unten gehende Luftströmungen auftreten, welche also das Senken der Staubtheilchen begünstigen, während die schräg von unten nach oben verlaufenden Strömungen bei der Sommer-Ventilation eher sogar ein längeres Schwebenbleiben derselben begünstigen. Ferner werden in Folge des allmählichen Sinkens der Keime die oberen

Hier ist die Wirkung noch etwas deutlicher, als im vorigen Versuch; nach 65 Minuten ergab die eine Bestimmung bereits fast völlige Keimfreiheit, was beim ruhigen Absetzenlassen nicht erreicht wird. Immerhin ist der Effect bei dieser doch schon recht bedeutenden Ventilationsgrösse noch sehr unbeträchtlich.

XII. Sommerventilation; 4·4 fache Lufterneuerung. Gleichzeitige Bestimmungen in der Mitte des Zimmers (ungrade Filternummern) und in einer Ecke (grade Filternummern). Beginn der Ventilation 4 Minuten nach dem Ende der Verstäubung.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	134	0	II	260
III	48	10 (6)	IV	21
V	33 und 1 grösserer Complex	30 (26)	VI	28
VII	5	60 (56)	VIII	1 oberfl. Complex am Rande d. Schale. (Verunreinigung?)

Der Effect ist hier eher noch etwas geringer, als bei dem vorigen Versuch, da die Aussaat bei jenem bedeutend grösser war.

Eine grössere Wirkung zeigte die Ventilation auf den feinen Fabrikstaub, sowie auf die Sporen von Aspergillus niger; allerdings konnte mit beiden Materialien nur je ein Ventilationsversuch angestellt werden.

XIII. Versuch mit Fabrikstaub; Winterventilation; 4·5 malige Erneuerung in der Stunde. Gleichzeitige Bestimmung an zwei Stellen des Zimmers. Beginn der Ventilation 5 Minuten nach dem Ende der Verstäubung.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	3066	0	II	1796
III	684	10 (5)	IV	741
V	274	25 (20)	VI	128
VII	39	50 (45)	VIII	26
XI	6	65 (60)	X	7

Ein Vergleich mit dem oben (S. 60) mitgetheilten Absetzversuch zeigt in der That einen deutlichen Unterschied zu Gunsten der Ventilation; immerhin dauert es auch hier eine Stunde, ehe die Luft nahezu keimfrei wird, obgleich doch die bei diesem Versuch hergestellte Ventilationsgrösse bereits das äusserste Maass des in der Praxis Zulässigen darstellt.

Luftschichten, welche bei der Sommerventilation den Austrittsöffnungen zunächst liegen, viel schneller keimleer als die unteren, so dass auch aus diesem Grunde die Winterventilation etwas besser wirken kann.

XIV. Versuch mit Sporen von Aspergillus niger. Anordnung ebenso wie beim vorigen Versuch. Vgl. die Bemerkungen bei Versuch VI.

Filter-Nr.	Platten				Zeit	Filter-Nr.	Platten			
	a	*b*	*c*	*d*			*a*	*b*	*c*	*d*
I	∞	∞	∞	∞	0	II	∞	∞	∞	∞
III	∞	∞	∞	ca. 2000	10 (5)	IV	∞	∞	∞	ca. 3000
V	∞	ca. 2000	ca. 1000	ca. 800	25 (20)	VI	1200	700	zerbrochen	500
VII	1200	1000	700	400	50 (45)	VIII	ca. 1000	600	900	700
IX	570	530	580	300	65 (60)	X	800	zerbrochen	200	100

Auch hier zeigt sich gegenüber dem Absetzversuch (S. 60) eine deutliche Wirkung der Ventilation; jedoch befanden sich noch nach einstündiger Einwirkung derselben reichliche Sporenmengen in der Zimmerluft.

Geht man mit der Ventilationsgrösse noch weiter in die Höhe, wobei dann freilich bereits ein recht fühlbarer Zug entsteht, so wird der Einfluss der Ventilation auch auf unser gewöhnliches Versuchsmaterial ein bedeutender. Als Beispiel diene folgender Versuch.

XV. Sommerventilation; 7malige Erneuerung in der Stunde; die vier unteren Eintrittsöffnungen vollständig geöffnet; oberer Wasserventilator und ein oberer Gasventilator in voller Thätigkeit. Gleichzeitige Bestimmung an zwei Stellen des Zimmers; die erste Bestimmung wird gegen Ende der Verstäubung gemacht, und sofort nach Beendigung der letzteren die Ventilation in Gang gesetzt.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	156		II	362
III	8 und ein tiefer Complex von vielen kleinen Colon.	15		
IV	0	30	V	0
VI	2	60	VII	2 (beide nicht Megat.)
VIII	0	150	IX	0

Also bereits nach 15 Minuten eine sehr beträchtliche Abnahme der Keime, nach 30 Minuten vollständige Keimfreiheit.

C. Versuche mit starker Durchlüftung des Zimmers.

(Ueber 10 malige Lufterneuerung in der Stunde.)

XVI. Zwei untere und eine obere Eintrittsöffnung geöffnet. Zwei untere und zwei obere Ventilatoren in Thätigkeit. 14malige Lufterneuerung in der Stunde. Beginn der Ventilation 4 Minuten nach dem Ende der

Verstäubung. Gleichzeitige Bestimmung in einer Ecke (ungrade Filternummern) und nahe der Wand zwischen den Fenstern (grade Filternummern); beide Stellen sind directen Luftströmen nicht ausgesetzt.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	115	0	II	84
III	14	10 (6)	IV	13
V	0	25 (19)	VI	0

XVII. Maximale Ventilation: sämmtliche 8 Eintrittsöffnungen und alle 5 Ventilatoren benützt. Beginn der Ventilation 10 Minuten nach dem Ende der Verstäubung.

Zeit	Colonieen
0	83
12 (2)	7
37 (27)	2

XVIII. Maximale Ventilation; auch die Thüre zum Treppenflur wird geöffnet. Die Aussaat wird gegen Ende der Verstäubung bestimmt, dann sofort mit der Lüftung begonnen.

Aussaat: 620 Colonieen.
2 Min. nach Beginn der Ventilation: 6 „
10 „ „ „ „ „ 1 „
50 „ „ „ „ „ 5 „ (3 nicht Meg.)

Wie zu erwarten war, führt ein kräftiger Zug in kürzester Zeit die überwiegende Mehrzahl aller Keime aus der Luft fort; höchstens bleiben einige wenige, ganz vereinzelte Megaterium-Keime in derselben zurück.[1]

3. Versuche mit Entwickelung von Wasserdampf.

Um zu erfahren, ob die Entwickelung von Wasserdampf ein schnelles zu Boden Sinken der in der Zimmerluft suspendirten Keime bewirkt, wurde in der Mitte des Versuchszimmers ein Autoclav[2] aufgestellt und angeheizt; nachdem der Dampf eine Spannung von einigen Atmosphären

[1] Ob es sich hierbei wirklich um ein Zurückbleiben von einzelnen der Anfangs verstäubten Keime oder vielleicht nur um zufällige Verunreinigungen handelt oder endlich, ob durch die starke Durchlüftung eine Ablösung vereinzelter Keime vom Fussboden u. s. w. zu Stande kommt (s. u.), vermag ich nicht mit Sicherheit zu entscheiden.

[2] In einem Versuche statt desselben zwei Koch'sche Dampföfen.

erlangt hatte, wurde die Verstäubung vorgenommen und die Aussaat bestimmt; dann liess ich einige Minuten lang den Dampf durch einen, an die in dem Deckel des Autoclaven befindliche Oeffnung angefügten, dickwandigen Gummischlauch unter einem Druck von etwa 6 Atmosphären ausströmen; da der Schlauch mittelst einer ihn umfassenden, eisernen Klammer leicht dirigirt werden konnte, so liess sich eine gleichmässige Vertheilung des Dampfes im Zimmer unschwer herstellen. Nachdem der Dampf einige Zeit ausgeströmt war, wurden wieder Bestimmungen der Keimmenge gemacht.

Da sich bald herausstellte, dass eine, für die Praxis verwendbare, rasche und vollständige Entfernung der Keime aus der Luft auf diesem Wege nicht möglich war, so wurden die Versuche nicht weiter fortgeführt. Immerhin war ein allerdings sehr mässiger, beschleunigender Einfluss auf das Absetzen der Keime unverkennbar, wofür ich zum Beleg folgende zwei Versuche anführen möchte:

XIX. Filter mit ungraden Nummern in der Mitte des Zimmers, nahe beim Autoclaven; Filter mit graden Nummern in einer Ecke aufgestellt.

11^h 44′ Bestimmung der Aussaat am Ende der Verstäubung.[1]

11^h 50′ bis 12^h 2′ Dampfentwickelung (6 Atm.) mit einmaliger kurzer Unterbrechung.

Es ist die Zeit (Min.) seit dem Ende der Verstäubung angegeben, die seit dem Beginn der Dampfentwickelung in Klammern beigefügt.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	150	0	II	96
III	49	8 (2)	IV	19
V	23	19 (13)	IV	14
VII	19	40 (36)	VIII	7

XX. Filter mit ungraden Nummern an der Wand zwischen den Fenstern. Filter mit graden Nummern in einer Ecke.

12^h 6^m Ende der Verstäubung; Bestimmung der Aussaat.

12^h 8^m bis 12^h 16^m }
12^h 29^m bis 12^h 36^m } Dampfentwickelung.

---

[1] Bei diesem und dem folgenden Versuch, sowie bei einigen früheren, wurde der grösseren Schnelligkeit halber die Aussaat nur aus 6 Litern (in 2 bis $2^1/_2$ Min.) bestimmt und das so gewonnene Resultat durch Verdoppelung mit den späteren Bestimmungen (12 Liter) vergleichbar gemacht.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	246	0	II	104
III	32 u. ein tiefer Complex	11	IV	32 u. ein tiefer Complex
V	4	30	VI	2

4. Versuche über die Ablösung von Keimen vom Fussboden, Tapeten, Kleiderstoffen u. s. w.

Die Frage, ob die bei der Ventilation auftretenden Luftströmungen eine Ablösung der Keime vom Fussboden, Tapeten, Möbeln, Kleidern und Wäsche bewirken können, war in doppelter Hinsicht von Interesse. Wenn nämlich eine solche Ablösung in beträchtlichem Maasse stattfand, so konnte die Ventilation auch pathogene Keime, die sich auf dem Fussboden u. s. w. abgelagert hatten, von da fortschaffen; andererseits musste dies aber auch die Gefahr mit sich bringen, dass die durch die Luftströmungen losgelösten und eine Zeit lang suspendirt gehaltenen Keime vor ihrer vollständigen Entfernung aus der Luft des Zimmers eine Infection hervorzurufen im Stande wären.

Die einfache Versuchsanordnung, deren ich mich bediente, ist bereits oben (S. 57) geschildert worden; sie gestattete natürlich nicht, zu entscheiden, ob vereinzelte Keime durch die in Anwendung kommenden Luftströmungen losgerissen werden; dazu ist die Vertheilung des Staubes auch an dicht neben einander gelegenen Stellen nicht gleichmässig genug; aber es liess sich jedenfalls feststellen, ob eine solche Ablösung in nennenswerthem Maasse oder gar nahezu vollständig vor sich ging.

Aus einer grösseren Reihe von Versuchen, die ich zum Theil mit den eigentlichen Ventilationsversuchen verbinden konnte und bei denen die äusseren Bedingungen möglichst variirt wurden, hat sich ergeben, dass selbst durch die stärksten, bei der Ventilation auftretenden Luftströmungen eine irgendwie beträchtliche Ablösung nicht erfolgt.

Zum Belege mögen einige Versuche mitgetheilt werden:

Bei dem Versuch IX (S. 62) mit Sommerventilation, etwa dreimaliger Lufterneuerung in der Stunde, wurden an verschiedenen Stellen des Fussbodens die Glastafeln mit den Holzplättchen eingefügt und vor Beginn der Ventilation, sowie verschiedene Zeit nachher Proben entnommen. An der einen Stelle fanden sich z. B.:

Vor Beginn der Ventilation (nach beendeter Verstäubung) ca. 440 und 572 Keime.
40 Minuten nach Beginn der Ventilation . . . . ca. 300 und 400 „
$4^1/_2$ Stunden „ „ „ „ . . . . ca. 400 und 540 „

Bei dem Versuch XV (S. 65) mit Sommerventilation, 7 maliger Lufterneuerung in der Stunde, fanden sich an einer Stelle:

Bald nach Beginn der Ventilation:	ca. 300 und 480 Keime.
1 Stunde „ „ „ „	ca. 400 und 500 „
$2^1/_2$ „ „ „ „ „	ca. 400 „

Bei dem Versuch XVIII (S. 66) mit maximaler Durchlüftung wurden in der Mitte des Zimmers und direct hinter der einen Einströmungsöffnung die Holztäfelchen eingelegt.

Es fanden sich auf den entnommenen Proben:

	Vor Beginn der Ventilation	40 Minuten nach dem Beginn
In der Mitte des Zimmers	ca. 30 u. 70	ca. 40 u. 50
Hinter der Einströmungsöffnung . .	ca. 50 u. 70	ca. 50 u. 70

Gleichzeitig wurden Sammet-, Tuch-, Jute-Stückchen u. s. w. auf einem im Zimmer aufgestellten Tisch den Luftströmungen in verschiedener Richtung (tangential und senkrecht zur Achse derselben) ausgesetzt. So fanden sich z. B.:

	Vor Beginn der Ventilation	40 Min. nach dem Beginn
Auf Kleidertuch	ca. 150 und 360	ca. 360 in beiden Proben
Auf Sammet	160 und mehrere Complexe	160 u. einige tiefe Complexe
	240	300
Auf Jute	60 und 70	80

Bei anderen Versuchen derselben Art wurden ähnliche Resultate auch für (an die Wand angeheftete) Tapetenstückchen, ferner für Leinwand und Möbelplüsch gefunden.

Zuweilen fand ich bei den nach Einwirkung der Ventilation entnommenen Proben geringere Werthe als vorher; da aber ebenso oft das Umgekehrte vorkam — wofür die eben mitgetheilten Zahlen schon Belege geben — so dürfte die Annahme berechtigt sein, dass es sich hier nur um eine ungleichmässige Vertheilung des Staubes handelt; dies ist um so wahrscheinlicher, da sich ja auch bei gleichzeitig entnommenen Proben zuweilen sehr beträchtliche Differenzen zeigen.

Die grösste Luftgeschwindigkeit, welche bei den Ablösungsversuchen angewandt wurde, betrug 130—160 ^{m} in der Minute oder 2·1—2·5 ^{m} in der Secunde; sie wurde dadurch erreicht, dass sämmtliche Ventilatoren in maximale Thätigkeit gesetzt wurden, während nur eine Eintrittsöffnung offen war; in diese wurden die mit Megaterium-Material bestäubten Holztäfelchen, ferner Stückchen von Leinwand u. s. w. hineingebracht, indem

sie, wie gewöhnlich, auf einer sterilisirten Unterlage (von Holz) mit Stecknadeln fixirt waren. Es wurden Proben vor und nach einstündiger Einwirkung des Luftzuges entnommen; auch bei diesem Versuch wurde eine irgendwie beträchtliche Loslösung vermisst, wie man aus folgenden Zahlen ersieht:

	Vor	Nach
	1 stündiger Einwirkung des Luftzuges	
Holztäfelchen	150 und 350 Keime	ca. 300 in beiden Proben
Leinwand	ca. 1500 „ 3000 „	ca. 2000
Plüsch	ca. 750 „ 2400 „	ca. 1000 und 2500

III. Zusammenfassung und Folgerungen.

Wenngleich unsere Versuche über den Einfluss der Ventilation auf in der Luft suspendirte Mikroorganismen noch keineswegs als abgeschlossen zu erachten sind, vielmehr eine weitere Fortführung derselben (mit noch anderen Staubarten u. s. w.) sehr wünschenswerth erscheint, so lassen sich doch schon aus den bisher erreichten Resultaten gewisse Folgerungen ziehen, die zunächst natürlich nur für das von uns benutzte Versuchsmaterial gelten.

Fassen wir die gewonnenen Versuchsergebnisse zusammen:

I. In ruhiger Luft senken sich die von uns verstäubten Keime rasch zu Boden; bei Anwendung feinen Schulstaubes ist die Luft bereits nach $1^1/_2$ Stunden nahezu keimfrei. Noch leichteres Material (feinster Woll- und Haderns taub, Schimmelpilz-Sporen) erfordert naturgemäss eine längere Zeit, um sich abzusetzen.

II. Die meistens übliche Ventilationsstärke, welche einer ein- bis dreimaligen Lufterneuerung in der Stunde entspricht, macht die Zimmerluft nicht oder (bei Winterventilation[1]) doch nur ganz unwesentlich schneller keimfrei als das blosse Absetzenlassen.

III. Eine weitere Steigerung der Ventilationsgrösse, wie sie aber praktisch, ohne directen Zug hervorzurufen, kaum durchführbar ist, vergrössert allmählich den Einfluss der Ventilation auf die in der Luft schwebenden Keime. Die Grenze, bei welcher eine kräftigere und raschere Wirkung beginnt, dürfte für unser Versuchsmaterial etwa einer sechs- bis siebenmaligen Lufterneuerung in der Stunde entsprechen.[2]

---

[1] Vgl. Versuch X. S. 63.

[2] Rietschel (*Lüftung und Heizung von Schulen*, Berlin 1886) giebt an, dass es noch möglich sei, eine 4·5 malige Erneuerung der Zimmerluft in der Stunde ohne

IV. Eine schnelle und vollständige Fortführung der Keime aus der Luft von Wohnräumen lässt sich nur durch kräftigen Zug erreichen.

V. Eine irgendwie beträchtliche Ablösung von Keimen vom Fussboden, von den Tapeten, Möbeln, Kleiderstoffen u. s. w. erfolgt selbst durch die bei starker Durchlüftung der Zimmer auftretenden Strömungen nicht.

VI. Die Entwickelung von Wasserdampf ist nicht im Stande, in der Luft suspendirte Keime rasch und vollständig niederzuschlagen; jedoch beschleunigt sie das Absetzen derselben in freilich nicht sehr beträchtlichem Maasse.

Inwieweit nun diese Ergebnisse und die aus ihnen zu ziehenden Folgerungen auf die unter natürlichen Verhältnissen in der Luft vorkommenden Krankheitserreger zu übertragen sind, das ist vorläufig mit Sicherheit noch nicht zu entscheiden. Wir kennen ja die Erreger gerade derjenigen Krankheiten, welche nach der ärztlichen Erfahrung am häufigsten und leichtesten durch die Luft übertragen werden, nämlich der acuten Exantheme, noch gar nicht; aber wir haben auch andererseits einstweilen keinen Grund, anzunehmen, dass sich dieselben in ihrer Grösse und in ihrem Gewicht wesentlich von den bisher bekannten pathogenen Mikroorganismen unterscheiden; und wir werden deshalb mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit vermuthen dürfen, dass sie, ebenso wie die gewöhnlichen Mikroorganismen der Luft, an kleinen Staubpartikelchen haften.

Da nun ferner der von uns angewandte Schulstaub ein Material ist, welches wohl zweifellos unter natürlichen Verhältnissen Luftinfection hervorzurufen im Stande ist,[1] und da der Staub aus Wohnzimmern und Krankenhäusern im Wesentlichen denselben Ursprung und daher auch dieselbe Zusammensetzung haben muss, wie das von uns verwendete Material,[2] so wird man die an dem letzteren gewonnenen Resultate auch auf praktische Verhältnisse übertragen dürfen, wobei man sich freilich stets bewusst bleiben muss, dass diese Uebertragung nur unter den eben entwickelten Voraussetzungen zu Recht besteht, — Voraus-

Zugempfindung herzustellen. Auch dieses Maximum liegt mithin noch unter der angegebenen Grenze.

[1] Dass mit demselben in der That auch pathogene Mikroorganismen von Luftströmungen fortgeführt werden können, liess sich durch Versuche, welche ich zu anderen Zwecken angestellt habe, direct nachweisen.

[2] Wenn sich auch vielleicht in Bezug auf die Zeitdauer des Absetzens und die untere Grenze der Ventilationswirkung kleine Unterschiede herausstellen können.

setzungen, deren allgemeine Gültigkeit durch weitere Forschungen erwiesen oder widerlegt werden muss.

Fragen wir uns nun, auf welche Weise wir die suspendirten Keime aus der Luft eines Zimmers entfernen können, so müssen wir wiederum zwei Fälle unterscheiden: erstens die einmalige Desinfection der Luft eines zur Zeit nicht bewohnten Zimmers; zweitens die continuirliche Entfernung der Keime aus der Luft eines bewohnten Zimmers, in dem Maasse, als sich dieselben z. B. von der Körperoberfläche der Kranken, von den Kleidern u. s. w. ablösen.

Für die Erledigung der ersten Aufgabe haben wir zwei Möglichkeiten: wir können die Keime mit der Luft entfernen oder aus der Luft abscheiden; jenes geschieht durch kräftige Zugluft, dieses durch einfaches Absetzenlassen. Beide Wege sind sicher; der erstgenannte hat den Vorzug der Schnelligkeit, aber er ist eigentlich nur in einzeln stehenden Baracken u. dgl. anzuwenden. In Wohnhäusern und Hospitälern dagegen, wo die aus der Zimmerluft fortgeführten pathogenen Keime eventuell nicht direct in's Freie, sondern erst noch in Corridore, Treppenflure u. s. w. gelangen, bietet dieses Verfahren die Möglichkeit einer weiteren Verbreitung der Infectionsträger. — Ausserdem aber ist stets nicht nur die Luft, sondern es sind gleichzeitig Fussboden, Wände, Möbel u. s. w. des Zimmers inficirt; und eine Desinfection dieser Flächen und Gegenstände wird auch durch die stärkste Lüftung in keiner Weise geleistet. Wohl aber ist es möglich — unsere Versuche gestatten nicht, dies mit Sicherheit zu entscheiden —, dass durch die Zugluft vereinzelte, lose sitzende Keime vom Fussboden u. s. w. abgelöst werden, und so die Zimmerluft immer wieder vorübergehend inficirt wird.

Unter diesen Umständen wird deshalb der andere Weg vorzuziehen sein: man wird das betreffende Zimmer mehrere — der Sicherheit halber vielleicht 12 bis 24 — Stunden lang bei verschlossenen Thüren und Fenstern belassen; dann haben sich sämmtliche Keime zu Boden gesenkt und man kann nun das Zimmer vorsichtig betreten und den Fussboden nass — am besten sofort mit 1 $^0/_{00}$ Sublimatlösung — aufwischen, wodurch eine fernere Ablösung von Keimen mit Sicherheit verhindert resp. auch eine sofortige Abtödtung derselben erreicht wird. Alsdann kann man, ohne eine Luftinfection fürchten zu müssen, zur Desinfection der Wände, Möbel u. s. w. schreiten.

Für die Erledigung der zweiten Aufgabe haben uns unsere Versuche keinen sicheren Weg gezeigt.[1] Die Ventilation in der gewöhn-

---

[1] In einer jüngst erschienenen Arbeit Cornet's „Die Prophylaxe der Tuberculose" (*Berliner klinische Wochenschrift*, 1889, Nr. 12ff.) findet sich (Nr. 13, S. 281) folgender Rath für die Desinfection der Luft in Krankenzimmern: „Ist, beispielsweise

lich herstellbaren Intensität — bis höchstens 4·5malige Lufterneuerung in der Stunde — bewirkt sicher keine rasche und vollständige Fortführung der Mikroorganismen aus der Luft. Noch viel weniger ist sie im Stande, an den Wänden, am Fussboden, an Möbeln und Kleidern haftende Keime von diesen loszulösen und zu entfernen; dies vermögen selbst die bei starker Durchlüftung auftretenden Luftströmungen nicht in irgendwie erheblichem Maasse zu thun.

Wenn somit eine rasche, continuirliche Entfernung der in die Luft übergehenden Keime nicht möglich ist, so wird man in Hospitälern oder Krankenzimmern, in denen sich Patienten mit durch die Luft übertragbaren Infectionskrankheiten befinden, um so grösseren Werth auf die Prophylaxe legen, d. h. jede Erregung von Staub möglichst vermeiden müssen. Vor Allem ist hier das trockene Aufkehren des Fussbodens, sowie das Abstäuben von Schränken u. s. w. zu widerrathen, da hierbei der grösste Theil der Keime, die sich aus der Luft abgeschieden haben, wieder aufgewirbelt wird. Das einzig Rationelle ist hier das Abwaschen mit einer sicher wirkenden, antiseptischen Lösung (1 $^0/_{00}$ Sublimat). Dass Polstermöbel, Teppiche u. s. w. überhaupt nicht in Krankenzimmer gehören, dürfte wohl bereits allgemein anerkannt sein. Das blosse, langsame Hin- und Hergehen auf gedieltem Fussboden bewirkt keinen merklichen Uebergang von Keimen in die Luft; denn, obgleich in unseren Versuchen bei jeder Luftbestimmung ein zweimaliges Betreten des Versuchszimmers nothwendig war und sich auf dem Boden des letzteren ein äusserst keimreicher Staub befand, so erwies sich doch die Luft längere Zeit nach der Verstäubung völlig keimfrei.

Noch in einer anderen Beziehung scheinen die Ergebnisse unserer Versuche nicht ohne praktische Bedeutung zu sein. Seit langer Zeit hat man die Durchlüftung von inficirten Kleidern u. s. w. als ein Mittel angesehen, um die an ihnen haftenden Krankheitskeime zu entfernen, und

beim Ordnen der Betten, eine Staubentwickelung unvermeidbar, so lasse man, besonders, wenn ein Kranker im Zimmer ist, durch einen feinen Wasserspray die Staubpartikelchen alsbald niederschlagen."

Auf welche Erfahrungen sich Cornet bei diesem Vorschlage stützt, ist aus seiner Arbeit nicht ersichtlich. Abgesehen davon, dass die praktische Durchführung der von ihm empfohlenen Massregel auf Schwierigkeiten stossen dürfte, ist auch ihre Wirksamkeit zweifelhaft; ich möchte in dieser Hinsicht auf eine Beobachtung Petri's (a. a. O., S. 63 ff., Versuch 9 und 10) verweisen, welcher Gelegenheit hatte, vor und unmittelbar nach einem feinen Sprühregen von etwa einstündiger Dauer Luftuntersuchungen zu machen, und hierbei eine nur geringe Abnahme der in der Luft enthaltenen Keime unter dem Einflusse dieses doch recht ausgiebigen „Sprays" constatiren konnte.

Aus den schon früher angegebenen äusseren Gründen konnte ich eine experimentelle Prüfung des Cornet'schen Vorschlages nicht mehr vornehmen.

noch neuerdings ist diese Massregel für solche Ortschaften, welche nicht im Besitz von Desinfectionsapparaten sind, — und das ist doch noch bei der überwiegend grossen Mehrzahl der Fall — von autoritativer Seite empfohlen worden. So wird in der Desinfections-Anweisung des preussischen Medicinal-Ministeriums vom 14. Juli 1884, Ziffer 7 „die dauernde Aussergebrauchstellung und die Durchlüftung der inficirten Gegenstände an einem warmen, trockenen und vor Regen geschützten Orte (unbewohnter Hausboden, Scheuer u. s. w.)" angerathen; und Pistor,[1] welcher gelegentlich einer Besprechung der vom Berliner Polizeipräsidium im Februar 1887 erlassenen Desinfections-Anweisung auf jene Massregel wiederum hinweist, empfiehlt u. A., den Inhalt inficirter Federbetten und Matratzen auszubreiten und tagelang zu durchlüften.

Nach unseren Versuchen findet selbst durch starke Durchlüftung eine Loslösung der anhaftenden Keime von Kleidern u. s. w. nicht statt. Auch lehrt die alltägliche Beobachtung, dass selbst stärkere Luftströmungen, wie sie im Freien auftreten, nicht im Stande sind, grob sichtbare Staubpartikel von Kleiderstoffen zu entfernen — eine Erfahrung, welche mit Fug und Recht auch auf die an den Staubtheilchen haftenden Infectionserreger zu übertragen ist. Wenn daher eine desinficirende Wirkung des Hängenlassens und Durchlüftens beobachtet wird, so könnte diese lediglich auf der Austrocknung der Krankheitskeime beruhen. Da nun aber diejenigen pathogenen Mikroorganismen, welche im Stande sind, Luftinfection hervorzurufen — wie die Tuberkelbacillen und die Erreger der acuten Exantheme — das Austrocknen vertragen, so können diese durch jenes Verfahren nicht beseitigt werden. Eine ausgiebigere Beseitigung des Staubes und auch der Infectionserreger ist durch Klopfen, Bürsten u. s. w. zu erzielen. Aber diese Manipulationen ebenso wie das Ausschütten des Inhalts von inficirten Federbetten und Matratzen sind wegen der damit stets verbundenen Staubentwickelung für die damit beauftragten Personen entschieden bedenklich und können keinesfalls empfohlen werden.

Am Schlusse dieser Arbeit erlaube ich mir, Herrn Prof. Flügge, auf dessen Anregung und mit dessen stetiger, freundlicher Unterstützung ich dieselbe ausgeführt habe, hierfür meinen besten Dank zu sagen.

Auch Hrn. Dr. Bitter, Assistenten am Breslauer hygienischen Institut, bin ich für seine mannigfache Beihülfe bei der Ausführung der vorstehenden Versuche zu grossem Danke verpflichtet.

[1] Einige Bemerkungen zu der von dem königl. Polizeipräsidium in Berlin unter dem 7. Februar d. J. erlassenen Anweisung zum Desinfections-Verfahren bei Volkskrankheiten. *Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege.* 1887. Bd. XIX. S. 328.

[Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.]

Die Einwirkungen des lebenden Froschkörpers auf den Milzbrandbacillus.

Von

Dr. Johannes Petruschky.

(Hierzu Taf. I.)

Im Band XIV, Seite 465 von „Virchow's *Archiv*" bespricht Metschnikoff die im letzten Jahre erschienenen Veröffentlichungen, welche sich mit seiner „Phagocyten-Theorie" beschäftigen. Hierbei unterwirft er ausser den interessanten Arbeiten aus dem Breslauer hygienischen Institut (von Flügge, Bitter, Nuttall etc.)[1] auch meine erste unter Baumgarten in Königsberg ausgeführte Arbeit, welche diesen Gegenstand behandelt,[2] einer ziemlich ausführlichen kritischen Besprechung, welche ihre Angriffe nicht gegen die Resultate meiner Untersuchungen, wohl aber gegen deren Deutung und gegen ihre Beweiskraft gegenüber seiner (Metschnikoff's) Theorie richtet. Wiewohl ich nun schon auf Grund meiner ersten Untersuchungen Metschnikoff's Einwände zurückweisen zu können glaube, habe ich im Berliner hygienischen Institut noch weitere Versuche angestellt, um die Einwürfe Metschnikoff's möglichst direct zu widerlegen. Auch ist mir durch die Güte des Herrn Dr. Fränkel die photographische Wiedergabe einiger charakteristischer Präparate ermöglicht worden.

[1] Flügge, Studien über die Abschwächung virulenter Bacterien und die erworbene Immunität. *Diese Zeitschrift.* Bd. IV S. 208.

[2] Petruschky, Ueber die Immunität des Frosches gegen Milzbrand. Ziegler und Nauwerck. Bd. III. S. 359.

I.

Zunächst wendet sich Metschnikoff gegen die von mir angeführte Beobachtung, dass bei massenhaften Injectionen von Milzbrandbacillen, welche man aus dem verflüssigten Theil von acht- bis vierzehntägigen Gelatineculturen gewinnt, ausser der Aufnahme der Bacillen durch Leukocyten auch eine Degeneration frei in der Lymphflüssigkeit liegender Bacillenfäden zu beobachten ist. Er führt nämlich aus, dass in einer Gelatinecultur ausser virulenten Bacillen auch abgestorbene und im Absterben begriffene Milzbrandfäden vorhanden seien, und dass daher die Deutung der Resultate meiner ersten Versuchsreihe in der Weise denkbar wäre, dass gerade alle virulenten Bacillen von Leukocyten gefressen würden, während die in der freien Lymphflüssigkeit beobachtete Bacillendegeneration sich nur auf schon abgestorbene Milzbrandfäden beziehe. Diese Auslegung wird dem Unbefangenen schon deshalb ziemlich gezwungen erscheinen, weil nach Massgabe aller seitherigen Untersuchungen über die Phagocytenthätigkeit so viel schon feststeht, dass die Leukocyten abgestorbene oder abgeschwächte Bacillen zweifellos gern aufnehmen, während sie gegen die unzweifelhaft virulenten und lebenskräftigen Bacillen — bei empfänglichen Thieren, beim erwärmten Frosch — eine grosse Scheu an den Tag zu legen scheinen. Ueberdies kann ich gegen Metschnikoff's Auslegung der Art, wie ich meine Versuche angestellt habe, Folgendes geltend machen. Die Virulenz der von mir benutzten Culturen wurde an Mäusen erwiesen, indem ihnen eine einzige Platinöse mit Culturmaterial an der Schwanzwurzel unter die Haut gebracht wurde; sie starben regelmässig nach 36 Stunden. Den Fröschen dagegen wurde $^1/_2$ bis 1 ^{ccm} desselben Culturmaterials in den Rückenlymphsack injicirt, ohne dass von den 12 so behandelten Thieren ein einziges zu Grunde ging. Die aus dem Rückenlymphsack der betreffenden Frösche entnommene Lymphe zeigte sich in den ersten Stunden nach der Injection dicht gefüllt mit Bacillenfäden, welche durchweg glatt und gesund aussahen. Dieses Aussehen änderte sich erst im Laufe des zweiten Tages, und die Degenerationserscheinungen griffen dann so constant und gesetzmässig um sich, dass es sich um zufällige Befunde nicht handeln konnte. Dass die Widerstandsfähigkeit gegen die schädigenden Einflüsse des Froschkörpers nicht bei allen Bacillen die gleiche war, ist auch von mir selbst hervorgehoben worden; doch wird durch diese Thatsache nicht ausgeschlossen sein, dass auch der im Froschkörper am schnellsten absterbende Bacillenfaden in einem empfänglichen Thiere noch gediehen wäre und den Tod des Thieres hätte bewirken können. Schliesslich ist hervorzuheben, dass die von mir benutzten Bacillen nicht nur Mäuse, sondern bei den geeigneten

Temperaturen auch Frösche zu inficiren und zu tödten vermochten unter colossaler Wucherung in den Organen, namentlich den Lungen.

Um indessen Metschnikoff's Einwendungen gegen das benutzte Impfmaterial ganz den Boden zu entziehen, habe ich gemäss seinem eigenen Vorschlage neuerdings auch das Blut an Milzbrand gestorbener Thiere — Mäuse und Meerschweinchen — zur Beschickung der Frösche benutzt. Liess ich die mit Milzbrandblut geimpften Frösche bei der gewöhnlichen Zimmertemperatur von 16 bis 22° C. stehen, so war das erste, was sich auf's Deutlichste feststellen liess, dass keines der vielen kurzen Stäbchen im Froschkörper auswuchs, wiewohl 14 Tage, ja drei Wochen lang ausser reichlicher Phagocytose auch stets eine reiche Menge freigebliebener Bacillen in den entnommenen Lymphproben regelmässig zu beobachten war. Die morphologisch nachweisbare Degeneration der Bacillen scheint indessen in diesen Fällen erst weit später einzutreten, als bei Benutzung von Culturbacillen; ich vermochte eine solche erst in der zweiten Woche nach der Impfung, und zwar nicht minder an freiliegenden, als an eingeschlossenen Bacillen zu beobachten. 14 Tage nach der Impfung enthielt die Froschlymphe in jedem entnommenen Tropfen eine Reihe in Degeneration begriffener Bacillen, ausserdem aber auch noch eine beträchtliche Anzahl ganz glatt und anscheinend normal aussehender. Trotzdem verlief die Impfung einer Maus, welche mit dem gesammten Inhalt des Lymphsacks, einschliesslich eines dort entstandenen, sehr bacillenhaltigen, gallertigen Exsudates ausgeführt wurde, ganz negativ. Die von einem anderen Frosche drei Wochen nach seiner Beschickung an einer Maus ausgeführte Impfung führte hingegen noch zum Tode der Maus (innerhalb drei Tagen) an Milzbrand. Es scheint daher auch die Widerstandsfähigkeit der im Milzbrandblut enthaltenen Bacillen gegen die feindlichen Einflüsse des Froschkörpers eine sehr ungleichmässige zu sein. Diese Ungleichmässigkeit der Resistenz, welche demnach nicht bloss den Culturbacillen eigen ist, macht es schwer, bei den vorliegenden Untersuchungen den Untergang der Bacillen im Froschkörper durch Thierimpfungen nachzuweisen und bedingt die Verlegung des Hauptgewichtes auf die mikroskopischen Befunde.

Auf Veranlassung des Herrn Geheimrath Koch setzte ich Frösche, welche mit Blut, bezw. mit saftreichen Organstücken an Milzbrand gestorbener Thiere beschickt waren, nicht der gewöhnlichen Zimmertemperatur, auch nicht der Brütschrankwärme aus, sondern stellte dieselben in die unmittelbare Nähe des Ofens, wo die Temperatur am Tage gewöhnlich bis 26 und 27° C., hin und wieder aber auch bis 31° C. stieg, sodass den Bacillen hier wenigstens an einem Theil des Tages eine Wärme gewährt wurde, welche ihr Auswachsen auch im Froschkörper gestattete.

In der That war auch in den entnommenen Lymphtropfen das Wachsthum zahlreicher Bacillen zu kürzeren oder längeren Fäden zu constatiren, und zwar hatte dasselbe nicht nur in der freien Lymphe, sondern augenscheinlich auch in Leukocyten stattgefunden, eine Beobachtung, welche bereits von Koch im zweiten Band der Beiträge zur Biologie der Pflanzen (herausgegeben von F. Cohn) mitgetheilt wurde. Es fanden sich nämlich bei den betreffenden Fröschen in einer Anzahl von Leukocyten spiralig gewundene, oft nach Art eines Schiffstaues aufgewickelte Fäden vor, die sich in ihrer Gestalt wesentlich von den Zusammenkrümmungen und Kranzformen unterscheiden, welche aufgenommene Bacillenfäden in den Leukocyten secundär anzunehmen pflegen. Diese Erscheinung kann in Uebereinstimmung mit dem ganzen Bilde eines allgemeinen Wachsthumsbeginns der eingeführten Bacillen nur aufgefasst werden als ein Auswachsen solcher Bacillen, die bereits von Leukocyten aufgenommen worden waren.

Geht nun aus dieser Beobachtung hervor, dass die Leukocyten nicht einmal ein Wachsthumshinderniss für die von ihnen aufgenommenen Bacillen sind, so zeigt andererseits eine zweite bei denselben Versuchen sich darstellende Erscheinung wieder auf's Deutlichste ein Absterben von Bacillen in der freien Lymphflüssigkeit. Während nämlich, wie bereits erwähnt, die kurzen Bacillen des Milzbrandblutes erst sehr spät morphologische Veränderungen im Frosche erfahren, zeigen die Fäden, welche im Inneren der in der Nähe des Ofens gehaltenen Frösche ausgewachsen sind, grossentheils schon am zweiten Tage nach der Beschickung ein Bild, wie es in Fig. III eine aus den betreffenden, mit Methylenblau gefärbten und — wie immer in diesen Versuchen — ohne Erhitzung des Deckglases hergestellten[1] Präparaten beliebig herausgegriffene Stelle charakteristisch wiedergiebt.

Die Bacillen zeigen eine allgemeine Anschwellung, welche ganz besonders an den Enden der Einzelglieder eines Fadens hervortritt, während die Mitte der Glieder relativ schmächtiger und wie angefressen erscheint, sodass ein ganzer Faden das Aussehen eines Bambusstabes oder eines der Gräten entblössten Fischrückgrates erhält. Ferner wird bei diesen Fäden oft, namentlich bei Fuchsinfärbung, ein axialer Inhalt von einer peripheren, gequollen erscheinenden Hülle deutlich unterscheidbar. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass derartig veränderte Bacillen nicht mehr als normale und gesunde anzusprechen sind. Die pathologische Veränderung derselben kann aber auf die Leukocyten nicht zurückgeführt werden, da diese Fäden überwiegend in der freien Lymphflüssigkeit sich

---

[1] Petruschky, a. a. O. S. 364. Anmerkung 1.

finden und grösstentheils von gestreckter Gestalt und einer so bedeutenden Länge sind, dass keinesfalls angenommen werden kann, dieselben seien bei der Präparation aus Leukocyten herausgefallen.

II.

Die in der dritten Versuchsreihe meiner ersten Arbeit angeführten Versuche, bestehend in Beschickung der Frösche mit Sporen, welche aus Kartoffelculturen durch zweistündiges Erhitzen in destillirtem Wasser auf 62° C. isolirt worden waren, hatten das Resultat ergeben, dass die Sporen im Froschkörper bei Zimmertemperatur gar nicht, bei 28 bis 30° C. dagegen reichlich auswuchsen und dann in der freien Lymphflüssigkeit degenerirten; bei 35 bis 37° C. führten sie unter sehr reichlichem Wachsthum zum Tode der beschickten Frösche. Auch diese Versuche will Metschnikoff nicht gelten lassen, weil nach seinem Erachten durch das Erhitzen die Sporen eine Abschwächung erlitten haben könnten, welche ein Wuchern ihrer Schösslinge ohne Schaden des Frosches ermögliche.

Abgesehen davon, dass eine derartige Abschwächung virulenter Sporen durch zweistündiges Erhitzen auf 62° C. sonst von Niemand beobachtet worden ist, habe ich ausdrücklich hervorgehoben, dass dieselben Sporen bei 35 bis 37° C. die Frösche tödteten. Ausserdem ist die Wachsthumsfähigkeit und die Virulenz der Sporen nach der Erhitzung durch Cultur- und Impfversuche selbstverständlich geprüft worden. Die Abbildungen I und II werden die beobachteten Erscheinungen besser veranschaulichen, als eine Beschreibung es kann. Fig. I stellt Milzbrandfäden dar, welche bei 35 bis 37° C. im Froschlymphsack aus Sporen ausgewachsen sind. Fig. II einen solchen, der bei 28 bis 30° C. gewachsen und ohne Phagocytose degenerirt ist.

Neuerdings habe ich nun die Versuche mit sporenhaltigen Seidenfäden wiederholt, welche ich von Herrn Dr. C. Fränkel erhielt und deren maximale Virulenz wiederholt erprobt wurde. Dieselben verwendete ich, indem ich theils die Seidenfäden selbst, theils Aufschwemmungen der in ihnen enthaltenen Sporen in sterilisirtem Wasser in den Froschlymphsack einführte. Die Resultate entsprachen vollständig den früheren Beobachtungen. Die Sporen wuchsen bei Zimmertemperatur gar nicht aus. Bei mässig erhöhter Temperatur fand reichliches Wachsthum und reichliche Degeneration in der freien Lymphe statt (mässige Phagocytose) bei noch weiter erhöhter Temperatur erkrankte und starb der Frosch an Milzbrand.

Nicht unerwähnt will ich lassen, dass bei den neueren Versuchen der Tod eines Frosches allerdings schon bei 31° C. erfolgte, während dies bei den früheren Versuchen in Königsberg nicht unter 35° C. einzutreten

pflegte. Doch können auch individuelle oder rasseneigenthümliche Empfänglichkeitsunterschiede der Frösche die Ursache dieser unerheblichen Abweichung sein. Dass jedenfalls virulente, im Frosche ausgewachsene Sporen in demselben auch ohne Leukocyteneinfluss zu Grunde gehen, ist als sicher feststehend zu betrachten, und diese Thatsache allein bietet, wie mir scheint, ein ausschlaggebendes Argument gegen Metschnikoff's Phagocytentheorie.

III.

Ich komme nun zu Versuchen, welche von Metschnikoff als Experimenta crucis bezeichnet worden sind, weil durch dieselben angestrebt wird, den Einfluss der Leukocyten im Frosche zu beseitigen. Metschnikoff hat zu diesem Zwecke sporenhaltige Seidenfäden innerhalb von Schilfrohrsäckchen oder in Filtrirpapier gewickelt in den Froschlymphsack eingeführt, während er zur Controlle gleichzeitig sporenhaltige Fäden frei in den Lymphsack that. Er beobachtete nun, dass in demselben Frosche die in der Umhüllung befindlichen Sporen, an welche die Leukocyten nicht herankonnten, auswuchsen, während die ohne Hülle eingeführten Sporen gar kein oder nur sehr spärliches Wachsthum zeigten.

Diese Versuche waren mir zur Zeit meiner ersten Arbeit leider noch nicht bekannt. Ich unternahm jedoch in demselben Bestreben, den Leukocyteneinfluss auszuschalten, die Versuche in der Weise, dass ich Culturbacillen innerhalb wurstartiger Segmente, welche ich aus Frosch- oder Mäusedarm gewonnen hatte, in den Lymphsack einführte. Die Bacillen schienen, Dank dem mitgegebenen Nährmaterial, ihr Wachsthum zunächst noch fortzusetzen. Am dritten und vierten Tage nach der Einführung jedoch konnte ich ausgedehnte Degeneration langer Bacillenfäden bemerken, diese Degeneration bei vorhandenem Nährmaterial konnte ich nicht anders, als durch Einwirkung einer durch die Darmsegmente hindurchgedrungenen bacillenfeindlichen Substanz deuten. Auch vollständigen Virulenzverlust konnte ich nach vier bis sechs Tagen an dem Inhalt durchlässigerer Darmschlingen constatiren. In letztere waren auch spärliche Leukocyten eingedrungen, hatten aber zu einer kaum in Betracht kommenden Phagocytose geführt, während die überwiegende Mehrzahl der Bacillen in der freien Lymphflüssigkeit zu Grunde gegangen waren. (Darmschlingen, welche eine Oeffnung hatten, sind bei diesen Versuchen nicht in Betracht gezogen, da solche stets dick mit einer gallertigen, viele zerfallene Leukocyten enthaltenden Masse angefüllt gefunden wurden.) Dass in dem benutzten Culturmaterial eine wesentliche Zahl abgestorbener Bacillen sicher nicht vorhanden war, ist bereits unter I hervorgehoben worden.

Neuerdings habe ich nun die betreffenden Versuche theils mit sporenhaltigen Seidenfäden, theils mit Milzbrandblut wiederholt, welche ich in wie früher präparirten Meerschweinchendarm einschloss.[1] Ich habe nun in der That die Beobachtung Metschnikoff's, dass unter Umständen ein gleichzeitiges Auswachsen der Sporen in der Hülle bei Wachsthumsausbleib ausserhalb derselben zu erzielen ist, bestätigen können. Während indessen Metschnikoff dieses Resultat bei einer sommerlichen Zimmertemperatur, „welche zwischen 20 und 22 ° C. schwankte", erhielt, wuchsen in meinen Versuchen bei der zwischen 16 und 22 ° C. schwankenden Temperatur eines geheizten Zimmers die Sporen, wie auch die Blutbacillen weder im freien Lymphsack, noch auch in der Membran. Dieses Resultat ist bei dem benutzten Material leicht mit Sicherheit festzustellen und jedenfalls bemerkenswerth, zumal da die Blutbacillen inmitten eines geeigneten Nährmaterials in das Darmsegment gebracht werden und da auf künstlichen Nährböden die Milzbrand-Bacillen und -Sporen bei den angegebenen Temperaturen recht gut wachsen. Erst bei gelinder künstlicher Erwärmung der Frösche bis auf mindestens 24 ° C. erreichte ich ein reichliches Auswachsen der in der Hülle befindlichen Sporen, während die zur Controle in den freien Lymphsack gebrachten Sporen theils gar nicht, theils zu ganz kurzen ovoïden Gebilden auswuchsen, welche übrigens wiederum nicht bloss in Leukocyten, sondern in überwiegender Zahl frei zu finden waren, so dass ein unbefangener Beobachter den Ausbleib weiteren Wachsthums nicht auf die Fresslust der Leukocyten schieben kann. Bei höheren Temperaturen — von 26 ° C. aufwärts — wuchsen auch die in den freien Lymphsack eingeführten Sporen zu längeren Fäden und gingen in der früher beschriebenen Weise wieder zu Grunde. Durchsuchte man nun aber den Inhalt eines Darmsäckchens, in welchem Sporen innerhalb des Frosches ausgewachsen waren, genauer, so fand man besonders in denjenigen Präparaten, welche durch Auftupfen der Innenwand des Säckchens auf Deckgläser gewonnen waren, welche also die am meisten wandständigen Bacillen zur Anschauung brachten, ausser noch gesund aussehenden Fäden auch viele eigenthümlich veränderte. Schon ein 24 Stunden nach der Beschickung entnommenes Säckchen enthielt die in Fig. IV wiedergegebenen Bacillen, welche ausser allgemeiner Anschwellung eine eigenthümliche Blasenbildung an den Berührungsstellen der Einzelglieder zeigen. Bei der Färbung mit Methylenblau nimmt nur der Inhalt der Fäden die Färbung an, während die vielfach deutlich unterscheidbare Hülle, sowie

[1] Rollen oder Päckchen von Filtrirpapier, welche Metschnikoff anwendete, machen sehr viel erheblichere Verletzung des Frosches nöthig und zerreissen leicht beim Herausnehmen.

die blasigen Quellungen ungefärbt bleiben. Bei den später entnommenen Säckchen finden sich dann vielfach vacuolenartige helle Punkte in den Bacillenfäden, sowie schliesslich auch jene bambusstabähnlichen Degenerationsformen (analog Fig. III).[1]

Gehen wir nun an die Deutung der unter diesem Abschnitt aufgeführten mannigfachen und anscheinend einander widersprechenden Erscheinungen, so müssen wir zunächst eine Erklärung suchen für die auffallende Thatsache, dass bei etwa 24° C. die in den freien Lymphsack eingeführten Sporen nicht auszuwachsen vermögen, während in demselben Frosche die in eine Membran eingeschlossenen recht gut wachsen. Metschnikoff schiebt diese Erscheinung gemäss seiner Theorie auf die im freien Lymphsack unbehindert waltende Phagocytose, doch berücksichtigt er auch die Möglichkeit des Einwandes, dass etwaige bacterienfeindliche chemische Substanzen durch jene Membranen nicht hindurchzudringen vermöchten; er ist sich also durchaus bewusst, dass die von ihm beobachtete Erscheinung als beweiskräftiges „Experimentum crucis“ nicht gelten könne.

Nach meinen Beobachtungen erscheint es nun sehr unwahrscheinlich, dass die Leukocyten das wesentliche Hinderniss eines Auswachsens der Sporen im freien Lymphsack bilden, da ich (in Uebereinstimmung mit den unter I und II aufgeführten Beobachtungen) oft und regelmässig constatiren konnte, dass bei Weitem nicht alle eingeführten Sporen, bezw. die daraus hervorgegangenen kurzen Elemente von Leukocyten aufgenommen werden. Dass jedoch andererseits die zu vermuthenden chemisch wirksamen Bestandtheile des Froschkörpers Membranen durchaus nicht zu durchdringen vermöchten, erscheint darum wieder unwahrscheinlich, weil doch wiederholt vielfache Degenerationsformen in den Säckchen vorgefunden wurden, trotz offenbar vorhandenen genügenden Nährmaterials.

Vielleicht darf zum Verständniss der in Frage stehenden Erscheinung eine Beobachtung von Sirotinin[1] unter Flügge herangezogen werden, dass nämlich bei der Filtration ptomaïnhaltiger Substanzen (durch Thoncylinder) zuerst eine ptomaïnfreie Flüssigkeit hindurch filtrirt und erst später die Ptomaïne selbst. Analog könnte man nun die in Frage stehenden Erscheinungen im Frosche ohne Metschnikoff's Theorie so erklären, dass durch die angewandten Umhüllungen der Sporen zunächst nur ein dünnes Serum hindurchfiltrirt, welches nur dem Bacillenwachsthum günstige Bestandtheile — deren unzweifelhaft auch im Frosche vorhanden sind — enthält, und dass später erst (etwa gegen Ende des ersten Tages) auch die bacillenfeindlichen Bestandtheile hindurchzudringen vermögen.

---

[1] Siehe Anmerkung zu den Abbildungen.

[2] *Diese Zeitschrift.* Bd. IV. S. 219 und Bd. V.

IV.

Welcher Art nun die zu vermuthenden bacillenfeindlichen Bestandtheile des Froschkörpers seien, dafür konnte bisher ein positiver Anhalt nicht gewonnen werden; nur so viel ging schon aus den früheren Untersuchungen hervor, dass die Wirksamkeit derselben keine sehr grosse sei, da dieselbe bei relativ geringer Temperatur die eingeführten Bacillen, bezw. junge Sporenkeimlinge zwar schädigen konnte, aber bei Brüttemperatur der vermehrten Wachsthumsenergie der Milzbrandbacillen (im Gegensatz zur Warmblüter-Immunität) nicht Einhalt zu thun vermochte.

Nachdem nun C. Fränkel[1] die milzbrandfeindliche Wirkung der Kohlensäure nachgewiesen hatte und Behring[2] den auffallenden Einfluss derselben auf Nährsubstrate, namentlich Blutserum, fand, lag es nahe, eine so eng mit der Lebensthätigkeit des Thierkörpers verknüpfte Substanz auch mit den Schicksalen der Milzbrandbacillen im Frosche in Zusammenhang zu bringen; namentlich da von den bisher beobachteten Erscheinungen keine einzige gegen einen derartigen Zusammenhang spricht, manche Thatsachen vielmehr sogar durch einen solchen dem theoretischen Verständniss näher gerückt werden würden. Der Umstand z. B., dass im hängenden Tropfen aus Froschlymphe die Milzbrandbacillen gut gedeihen, innerhalb des Froschkörpers aber nicht, liesse sich sehr wohl so deuten, dass die im Lymphtropfen vorhandene geringe Kohlensäuremenge (welche durch die Präparation vielleicht noch zum Theil ausgetrieben wird) leicht durch die — nach Behring[3] sauren — Stoffwechselproducte des Milzbrandbacillus vertrieben oder wenigstens ihr Einfluss überwunden werden kann, während innerhalb des lebenden Froschkörpers immer neue Kohlensäuremengen gebildet werden. In gleicher Weise würde auch die Bacillenwucherung im erwärmten Frosch verständlicher sein, wenn man bedenkt, dass durch die Wärme die in Flüssigkeiten gelöste Kohlensäure eine Verminderung, die Wachsthumsenergie der Bacillen aber einen bedeutenden Zuwachs erfährt. Auch die Versuche mit den Darmsäckchen u. s. w. würden der gedachten Annahme nicht widerstreiten, da bekanntermassen Gase auch durch Membranen hindurch wirken, aber natürlich in langsamerer Weise, als bei unbehindertem Flüssigkeitsaustausch.

Dass im Frosche wie in jedem anderen Thierkörper Kohlensäure durch den Lebensprocess gebildet wird und bis zu einem gewissen Concentrationsgrade in den Körperflüssigkeiten — nicht blos im Hämoglobin der rothen

[1] *Diese Zeitschrift.* Bd. V.

[2] Behring, Beiträge zur Aetiologie des Milzbrandes. *Diese Zeitschrift.* Bd. VI. S. 117.

Blutkörper — vorhanden ist, unterliegt wohl keinem Zweifel. Ob indessen diese Kohlensäuremenge einen wesentlichen Einfluss auf die eingeführten Milzbrandbacillen ausübt, schien am besten dadurch feststellbar zu sein, dass man versucht, die im Froschkörper vorhandene Kohlensäure nach Möglichkeit zu eliminiren und dann den Einfluss dieser Abänderung auf eingeführte Bacillen oder Sporen zu beobachten. Die Herabsetzung der Kohlensäure kann nun aber auf zwei verschiedene Arten angestrebt werden, indem man sie entweder durch stärkere Säuren auszutreiben oder durch Alkalien zu binden sucht. Diese Aufgabe ist in beiden Fällen nicht so leicht, da die andauernde Kohlensäurebildung ja auf's Engste von der Lebensthätigkeit aller Körpergewebe abhängt und durch kleinere Dosen von Chemikalien kaum beeinflusst werden dürfte, während grössere Mengen von Säuren oder Alkalien eine zu intensive Schädigung des Versuchsthieres bedingen würden. Vor Allem schien es schwer, einen permanent wirkenden und auch nur annähernd gleichmässig die Kohlensäuremenge in den Körperflüssigkeiten herabsetzenden Einfluss herzustellen. — Von den vorläufigen Versuchen, welche ich in dieser Richtung anstellte und welche aus äusseren Gründen unterbrochen wurden, will ich nur mittheilen, dass ich in Fröschen, welche mit Milchsäurebacillen vorgeimpft waren, sowie in solchen, welche mit Barythydrat behandelt wurden, das Auswachsen von Milzbrandsporen auch bei Zimmertemperatur beobachtet habe. In den Barytfröschen trat dies Resultat sogar von einem Nachmittag bis zum anderen Morgen, also während der kühlsten Zeit des Tages, in vier Versuchen mit Regelmässigkeit ein. Die Sporen wuchsen allerdings nur zu ziemlich kurzen Fäden aus, welche verkümmert aussahen und keine Neigung zum Weiterwachsen zeigten. Da diese Versuche ihren Abschluss noch nicht gefunden haben, möchte ich es vermeiden, dieselben zu strengeren Argumentationen zu verwerthen. Meine subjective Ueberzeugung aber neigt sich schon nach diesen vorläufigen Resultaten der Annahme zu, dass bei der Behinderung des Sporenwachsthums im Froschkörper bei Zimmertemperatur die Kohlensäure in der That eine Rolle spiele. Ob die Kohlensäure indessen das einzige im Frosche wirksame Moment sei, bezw. welchen Antheil sie an den beobachteten Erscheinungen habe, will ich durchaus dahingestellt sein lassen. Es wird dies durch weitere Versuche festzustellen sein. Ueberdies ist mir wohl bewusst, dass Metschnikoff von seiner Theorie aus bei allen chemischen Eingriffen in den Thierkörper eine Schädigung oder Lähmung der Leukocyten annehmen und die Erscheinungen hieraus zu erklären suchen kann. Darum schien es mir am wichtigsten, zunächst möglichst genau nachzuweisen, warum Metschnikoff's Theorie für die Erklärung der Erscheinungen im Milzbrandfrosche unzureichend sei.

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. I.)

Fig. I und **II** stammen von den früheren Versuchen mit sporenreichen Kartoffelculturen, welche zwei Stunden lang auf 62° C. erhitzt wurden, um die Sporen zu isoliren.

Fig. I stellt Milzbrandfäden dar, welche aus diesen Sporen bei einer zwischen 35 und 37° C. sich bewegenden Brütschranktemperatur (unter Luftzufuhr von aussen) im Froschlymphsack ausgewachsen sind und unter Uebergang in's Blut und die Organe den Tod des Frosches bewirkt hatten. (Färbung nach Gram.)

Fig. II ist durch Auswachsen derselben Sporen bei einer nur um 7° C. geringeren Temperatur (28 bis 30° C.) entstanden und zeigt Degeneration eines längeren, schlingenförmigen Fadens ohne Phagocytose. (Das Präparat ist mit Bismarckbraun [Vesuvin] gefärbt.) Der Unterschied von Fig. I. ist bei gleichzeitiger Betrachtung beider Bilder besonders augenfällig.

Fig. III und **IV** stammen aus Präparaten, welche im hygienischen Institut zu Berlin gewonnen wurden.

Fig. III zeigt einen aus dem Blute einer Milzbrandmaus stammenden und unter dem Einfluss der Ofenwärme im Frosche etwas ausgewachsenen Bacillenfaden, welcher bei 1000 facher Vergrösserung die Details der eingetretenen Degeneration erkennen lässt. (Färbung mit Methylenblau.)

Fig. IV stellt ein Präparat dar, welches aus dem Inhalt eines mit einem Sporenfaden beschickten und im Froschkörper 24 Stunden bei 28 bis 30° C. verbliebenen Darmsegments gewonnen ist. Der kürzere und dickere Bacillenfaden zeigt eine gequollene, durchscheinende Hülle und blasige Auftreibungen an den Enden der Einzelglieder. Letztere Erscheinung zeigt sich an dem dünneren und längeren Faden im Beginn begriffen.

---

[1] Durch Beobachtung einer grösseren Anzahl von Präparaten bin ich zu der Ueberzeugung gelangt, dass diese Auftreibungen den Beginn der Degeneration, die in Fig. III dargestellte Gestaltveränderung schon den Fortschritt derselben kennzeichnet.

(Alle wiedergegebenen Präparate sind ohne Erhitzen der Deckgläser gewonnen worden.)

[Aus dem hygienischen Institut der Universität Jena.]

Die physikalische Einwirkung von Sinkstoffen auf die im Wasser befindlichen Mikroorganismen.

Von

Bruno Krüger.

Die bacteriologische Forschung hat uns die Ursachen vieler Krankheiten, die bis dahin unbekannt waren, kennen gelehrt. Man weiss jetzt, dass sich die Erreger von verderblichen Krankheiten, wie Typhus und Cholera, einige Zeit im Wasser halten können, und es hat sich daher das Interesse auch auf die bacteriologische Untersuchung des Wassers gerichtet. Da es naturgemäss nur selten gelingen wird, die pathogenen Keime im Wasser aufzufinden, so hat man versucht, durch Bestimmung der Zahl, der Arten und Individuen der saprophyten Bacterien in dem Wasser einen Schluss auf die Güte und Reinheit desselben zu ziehen. Zu diesem Zwecke ist sowohl das Wasser von Brunnen und Wasserleitungen, als auch von Seen und Flüssen untersucht worden. Die Prüfung des Wassers der letzteren ist besonders deshalb von Werth, weil der Bedarf an Wasser für eine Anzahl von Städten daraus bezogen werden muss. Bei diesen Untersuchungen zeigte sich, dass in den Flüssen im Allgemeinen mehr Bacterien vorkommen als in den Seen.

Eine kleine Anzahl von Beispielen mag dies anschaulich machen: Der Züricher See hat nach ungefähr 50 Versuchen, welche Cramer[1] im October und December 1884 und Januar 1885 anstellte, einen Durchschnittsgehalt von 168 Keimen pro Cubikcentimeter; weniger enthielt der Vierwaldstätter See: einmal führte er 8, das andere Mal 51 Bacterien im

---

[1] Die Wasserversorgung von Zürich u. s. w. *Bericht der „Erweiterten Wassercommission“ an den Stadtrath von Zürich.*

Cubikcentimeter Wasser; der Genfer See enthielt in 10 Proben durchschnittlich 38 Bacterien pro Cubikcentimeter. Andere Zahlen zeigen diejenigen Seen, in welche Flüsse, die an grösseren Städten vorüberfliessen, münden. Der 1·5 Meilen lange Havelsee zwischen Potsdam und Spandau weist in der Mitte zwischen beiden Orten beim Dorfe Cladow nach Frank[1] folgenden Gehalt an Mikroorganismen auf: Im April durchschnittlich nach zwei Proben 27,400, im Juni 286,000, im August 326,000, im November 15,300 und im Januar nach einer Untersuchung 10,600 Mikroorganismen pro Cubikcentimeter Wasser.

In einem Gletscherbach 1600^{m} über dem Meere und 50^{m} unter dem Gletscherthore hat Schmelck[2] in zwei Proben 4—6 Bacterien gefunden. Rosenberg[3] untersuchte das Wasser des Mains oberhalb von Würzburg auf seinen Gehalt an Bacterien und fand im Februar im Durchschnitt nach 9 Untersuchungen 662, im März durchschnittlich nach 13 Prüfungen 823 Keime pro Cubikcentimeter Wasser. Der Rhein bei Mülheim enthielt nach Moers[4] im Jahre 1885 vom Mai bis zum November durchschnittlich 20,000 Bacterien im Cubikcentimeter.

Die in dem Wasser der Seen und Flüsse gefundenen Keime entstammen verschiedenen Quellen. Eine Anzahl von Bacterien, deren Menge allerdings kaum bestimmbar sein dürfte, wird in Staubform vom Wind in das Wasser hineingeweht. Auch durch Schnee und Regen werden aus der Luft Bacterien in das Wasser niedergeschlagen.

Janowsky[5] untersuchte in der Umgebung von Kiew frisch gefallenen Schnee und fand im Cubikcentimeter Schmelzwasser 38 bis 463 Bacterien. Im Regenwasser fand Miquel[6] (Montsouris, regnerische Zeit) 4 Keime pro Cubikcentimeter, im Centrum von Paris 19 Keime pro Cubikcentimeter.

Am Ursprung der Gewässer, an ihren Quellen findet man schon Verunreinigungen durch Mikroorganismen. Die Stadt Jena wird durch Quellen versorgt, deren Wasser in vier, ca. 6^{m} tiefen Brunnenkesseln aufgenommen und, nachdem es nochmals aus diesen in einen Sammelbrunnen geflossen

---

[1] Die Veränderungen des Spreewassers innerhalb und unterhalb Berlins in bacteriologischer und chemischer Hinsicht. *Diese Zeitschrift.* Bd. III.

[2] Eine Gletscherbacterie. *Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde.* 1888. S. 545.

[3] Ueber die Bacterien des Mainwassers. *Archiv für Hygiene.* 1886. S. 448.

[4] Die Brunnen der Stadt Mülheim am Rhein vom bacteriologischen Standpunkte aus betrachtet. *Ergänzungsheft zum Centralblatt für allgemeine Gesundheitspflege.* Bd. II.

[5] Ueber den Bacteriengehalt des Schnees. *Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde.* Bd. II. Nr. 18.

[6] De la richesse en bactéries des eaux d'essangease. *Revue d'hygiène.* t. VIII. p. 388.

ist, der Stadt zugeführt wird. Der Gehalt des Wassers dieser Brunnen an Mikroorganismen betrug in vier von uns angestellten Versuchen durchschnittlich 30 Bacterien. Ein anderer Versuch wurde mit dem Wasser einer kleinen Quelle gemacht, welche bei Jena aus den sogenannten Teufelsfelsen entspringt. In diesem Wasser fanden sich 105 Bacterien pro Cubikcentimeter. Beide Versuche wurden im Februar bei 0° C. angestellt.

Werden auf den angegebenen Wegen schon beträchtliche Mengen von Bacterien in die Gewässer gebracht, so werden denselben auf andere Weise noch mehr Mikroorganismen zugeführt.

Diese entstammen zum grössten Theil dem Boden. Wenn auch die unteren Erdschichten keimfrei sind, so enthalten doch die oberflächlichen Bodenpartieen grosse Mengen von Bacterien. Adametz[1] fand z. B. an der Oberfläche (Sandboden) 380,000, in 20 bis 25 ^{cm} Tiefe (Sandboden) 400,000 Bacterien in 1 ^{grm} Erde. Reimers[2] fand an der Oberfläche (Jena, Friedhof) 1,890,000, in oberflächlichem Strassenschmutz 432,000 und in 1 ^{m} Tiefe (Ackerland) 81,900 Bacterien pro Cubikcentimeter. Gelangen nun oberflächlich gelegene Bodentheilchen z. B. durch starken Wellenschlag vom Ufer her in die Gewässer, so übertragen sie die in ihnen befindlichen Mikroorganismen in dieselben. Daher ist das Wasser am Ufer eines Sees auch keimreicher, als das der Mitte. Fol und Dunant[3] fanden am Ufer des Genfer Sees im Cubikcentimeter Wasser 150,000, dagegen in der Mitte nur 35 Bacterien pro Cubikcentimeter.

Bei Regenfall dringt nur ein Theil des Wassers in den Erdboden, ein anderer fliesst ab und reisst Erd- und Schmutztheilchen und die diesen anhaftenden Mikroorganismen mit sich und führt sie in die Gewässer. In derselben Weise wirkt das Schmelzwasser des Schnees.

Zu diesen Verunreinigungen der Wässer kommen noch die von den Menschen ausgehenden Verschmutzungen. Schon die Hausabwässer führen eine grosse Anzahl von Bacterien mit sich. Wir prüften das Jenaer Canalwasser und fanden Ende Juli im Cubikcentimeter 2,000,000 Bacterien. Das Jenaer Canalwasser besteht fast ausschliesslich aus Hausabwässern; Fabriken etc. fehlen völlig. Höhere Zahlen weisen Städte auf, in denen die Industrie blüht. Von Wahl[4] sind Untersuchungen über die Essener Abwässer gemacht worden, er weist im Cubikcentimeter Wasser desselben 1,686,000 bis 5,248,000 Bacterien nach. Einen noch höheren Gehalt

---

[1] Untersuchungen über die niederen Pilze der Ackerkrume. *Inaug.-Diss.* 1886.

[2] Der Gehalt des Bodens an Mikroorganismen. *Inaug.-Diss.* Jena 1889.

[3] Fol et Dunant, *Recherches sur le nombre de germes vivants que renferment quelques eaux de Genève.* 1884.

[4] Mittheilungen über bacteriologische Untersuchungen der Essener Abwässer. *Centralblatt für allgem. Gesundheitspflege.* Bonn 1886. Hft. 1.

bringt Bischoff[1] in seinen Untersuchungen des Londoner Canalwassers, dort steigt die Zahl bis auf 7,500,000 Keime im Cubikcentimeter an. Unter den Industriezweigen, welche besonders verunreinigend auf die Gewässer wirken, kommen am meisten die Gerbereien, Brauereien, Zuckerfabriken, grosse Schlachthäuser und Waschanstalten in Betracht.

Hiernach folgt, dass grosse Städte die an ihnen vorüberfliessenden Flüsse stark mit Bacterien verunreinigen. Nach Frank[2] enthielt, um nur zwei Beispiele anzuführen, im Mai 1886 die Spree an der Oberbaumbrücke 2200 Keime, an der Lichtensteinbrücke 255,000 pro Cubikcentimeter; im Juni stieg die Zahl an der Oberbaumbrücke auf 26,000, an der Lichtensteinbrücke auf 1,250,000 im Cubikcentimeter an. Nach Miquel[3] betrug der Gehalt der Seine an Mikroorganismen oberhalb von Paris 300, nach Aufnahme des Canalwassers von Paris 200,000 Bacterien pro Cubikcentimeter. Im Canalwasser zu Clichy fand er 6,000,000 und im Waschwasser der schwimmenden Waschanstalten 26,000,000 Bacterien pro Cubikcentimeter.

Die so in das Wasser gelangten Organismen können sich dann unter dem Einfluss der Wärme und günstiger Ernährungsbedingungen vermehren. Vergleicht man die von verschiedenen Autoren gefundenen Zahlen für den Gehalt der offenen Gewässer, so findet man in einer Reihe von Fällen, dass sich die Anzahl der Bacterien nach der Temperatur der verschiedenen Jahreszeiten richtet. Beispiele dieser Art finden sich in den Untersuchungen des Kaiserlichen Gesundheitsamtes über die Beschaffenheit des Berliner Leitungswassers in der Zeit vom Juli 1884 bis Juli 1886.

Diese Erscheinung des Ansteigens der Keimzahl mit der steigenden Temperatur der Monate zeigt sich indessen durchaus nicht in allen Fällen; im Gegentheil, relativ häufig findet das Umgekehrte statt, sodass man in den kälteren Jahreszeiten viel Keime, in den wärmeren wenig findet. Beispiele dieser Art sind angeführt bei Frank,[4] Theobald Smith,[5] Plagge und Proskauer.[6] Diese Befunde erklären sich durch andere,

---

[1] *Engeneering.* London 1885.

[2] Die Veränderungen des Spreewassers innerhalb und unterhalb Berlins in bacteriologischer und chemischer Hinsicht. *Diese Zeitschrift.* Bd. III. S. 355.

[3] De la richesse en bactéries des eaux d'essangease. *Revue d'hygiène.* t. VIII. p. 388.

[4] Die Veränderungen des Spreewassers innerhalb und unterhalb Berlins in bacteriologischer und chemischer Hinsicht. *Diese Zeitschrift.* Bd. III.

[5] Quantitative Variations in the Germ life of Potomac water during the year 1886. *Medical News.* 1887. April 9. p. 404.

[6] *Diese Zeitschrift.* Bd. II. S. 401.

man könnte sagen störende Einflüsse. Zu diesen sind zu rechnen starker Regen, Schneeschmelze, heftiger Wellenschlag, Aufwühlen des Schlammes u. s. w.

Der Einfluss der Wärme tritt aber immer dann zu Tage, wenn diese störenden Momente ausgeschaltet sind, wie das z. B. bei besonders zu dem Zweck angestellten Experimenten statt hat. Bei diesen ergiebt sich dann, dass entsprechend der Temperatursteigerung die Zahl der Bacterien wächst. Wir fanden, dass sich in 20 Stunden die Mikroorganismen im Wasser bei einer Temperatur von 12° C. ungefähr um das 5·3 fache, bei einer Temperatur von 10° C. um das 4·8 fache, bei einer Temperatur von 7° C. um das 0·08 fache vermehrten, wie sich aus der nachstehenden Tabelle unserer daraufhin gerichteten Versuche ergiebt:

12° C.		10° C.		7° C.	
Anfangs im Ccm. Keime	Nach 20 Stunden	Anfangs im Ccm. Keime	Nach 20 Stunden	Anfangs im Ccm. Keime	Nach 20 Stunden
3680	9576	16200	70000	5400	5960
2739	6840	7760	87154	4140	4670
975	8122	3640	12340	5000	5347
1553	7340	6739	19460	9640	10000
2442	15872	5941	16340	2030	2460

Ausser der Wärme üben auch die Nährmaterialien auf die Vermehrung der Organismen ihren Einfluss aus. Es ist natürlich, dass im Allgemeinen die unter günstigen Ernährungsbedingungen befindlichen Individuen sich stärker vermehren als diejenigen, denen nur ein schlechtes Nährmaterial zu Gebote steht. Solche Bacterien, die sich auch unter ungünstigen Ernährungsbedingungen in gleicher Weise vermehren, kann man folglich anspruchslose Bacterien nennen; es sind dies die gewöhnlich im Wasser vorkommenden Mikroorganismen. Ihnen gegenüber stehen die anspruchsvollen Bacterien, welche eines guten Nährmaterials bedürfen, wenn ein ausgiebiges Wachsthum erzielt werden soll. Zu den anspruchsvollsten gehören viele pathogene Keime. Bolton[1] zeigte, dass Cholerabacillen sich erst bei Zusatz von 40 Theilen organischer Substanz auf 100,000 Theile Wasser vermehrten. Solche Substanzen, welche auch den anspruchsvolleren unter den Bacterien als Nahrung genügen, führen die oben erwähnten Stadt- und Fabrikabwässer grade mit sich. Die Mikroorganismen, welche hiermit in die Gewässer gespült werden, bringen sich also gewissermassen ihren eigenen Nährboden mit und werden sich

[1] Ueber das Verhalten verschiedener Bacterienarten im Trinkwasser. *Diese Zeitschrift.* Bd. I.

in demselben vermehren, solange er nicht durch das übrige Flusswasser verdünnt ist. Diese Verdünnung tritt indessen nicht gleich, sondern nach und nach ein, wie man daraus ersehen kann, dass in grössere Ströme einmündende gefärbte Wasser ihre Farbe lange Zeit behalten. Auf die Dauer allerdings bleibt diese Vermischung nicht aus, dadurch wird dann das Nährmaterial verdünnt, also verschlechtert, und es entsteht die Frage, ob sich die Mikroorganismen auch bei diesem schlechteren Nährmaterial weiter vermehren, ob sie sich bei demselben erhalten können oder ob sie in Folge der ungenügenden Ernährung absterben.

Die Vermehrungsfähigkeit der Mikroorganismen im Wasser ist keine unbegrenzte, nach einiger Zeit tritt ein Stillstand der Bacterienentwickelung ein, welcher bald die Abnahme folgt. Beispiele dieser Art sind unter Anderen von Cramer,[1] Roth[2] und Leone[3] angeführt.

Diese Verminderung kann auf verschiedenen Ursachen beruhen. Als erste nennen wir die Veränderung des Nährmaterials, in diesem Falle also des Wassers. Zunächst werden nicht selten Industrieabwässer den Gewässern zugeführt, welche eine stark alkalische oder deutlich saure Reaction haben. In solchen Flüssigkeiten werden zuerst die Bacterien ihrer Proliferationsfähigkeit beraubt, um dann allmählich selbst abzusterben. Die kräftigeren Individuen halten sich hierbei noch eine Zeit lang am Leben, die schwächeren gehen sehr bald zu Grunde.

Sodann wird das Nährmaterial, mit welchem die Bacterien in die Flüsse gespült werden, verdünnt. Diese Verdünnung wird ihren Einfluss in der Weise ausüben, dass die Vermehrung einer Anzahl anspruchsvoller Arten gehemmt wird oder auch ganz aufhört. Die anspruchslosen Arten indessen vermögen auch unter diesen Verhältnissen im Wasser weiter zu leben, wie vor Allem aus den schönen Versuchen von Meade Bolton[4] folgt.

Ein anderer Factor, welcher die Verminderung der Bacterien stark beeinflusst, ist die Erniedrigung der Temperatur. Oben ist an einigen Beispielen gezeigt worden, dass die Vermehrung der Organismen in niedriger Temperatur langsam geschieht, fällt letztere noch mehr, so hört die Vermehrung ganz auf. Hierbei kann aber die Lebensfähigkeit der schon vorhandenen Individuen noch mehr oder minder lange Zeit erhalten bleiben. Ein einmaliges

---

[1] Die Wasserversorgung von Zürich u. s. w. *Bericht der „Erweiterten Wassercommission“ an den Stadtrath von Zürich.*

[2] Bacteriologische Trinkwasseruntersuchungen. *Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medicin.* 1885. Bd. XLIII.

[3] Untersuchungen über die Mikroorganismen des Trinkwassers und ihr Verhalten in kohlensauren Wässern. *Archiv für Hygiene.* 1886. Bd. IV.

[4] Ueber das Verhalten verschiedener Bacterienarten im Trinkwasser. *Diese Zeitschrift.* Bd. I.

Gefrieren des Wassers tödtet eine Anzahl Keime, mehrmaliges Gefrieren und Wiederaufthauen hat das Absterben des grösseren Theiles der Bacterien zur Folge, wie die Versuche von Fränkel,[1] von Prudden[2] und von Bordoni-Uffreduzzi[3] beweisen. Wollten wir auch annehmen, dass eine sehr grosse Zahl der anspruchslosen „Wasserbacterien" durch die Schädigungen, die der Winter bringt, zu Grunde gehen, so würde dieser Factor doch die starke Verminderung der Bacterien, die auch im Sommer in grossen Wassermassen statt hat, nicht erklären.

Diese Verminderung ist aber nach Frank's Beobachtung bedeutend, die Zahl der Keime sank im Mittel von 190,000 am Anfang des 1·5 Meilen langen Havelsees auf im Mittel 9200 Bacterien im Cubikcentimeter Wasser am Ende desselben. Es müssen für die Erscheinung dieser Verminderung noch andere Gründe angenommen werden, als die vorher besprochenen.

Möglicher Weise hat auch das directe Sonnenlicht eine ungünstige Einwirkung auf die in dem Wasser befindlichen Mikroorganismen, indessen ist dieser Einfluss gering. Viel wichtiger ist das Sedimentiren der Mikroorganismen. Es sind bis jetzt wenig Untersuchungen über das Niedersinken der Mikroorganismen in grossen Wassermassen bekannt geworden, von diesen liegen uns diejenigen vor, welche Fol und Dunant[4] mit dem Wasser des Genfer Sees und Cramer[5] mit dem des Züricher Sees angestellt haben. Aus ihren Zahlen kann aber auf ein Niedersinken der Bacterien nicht geschlossen werden. Und doch muss man bei Betrachtung des oben angeführten Beispieles, welches den Havelsee betrifft, zugeben, dass die Sedimentirung der Organismen bei dieser Selbstreinigung des Wassers eine Rolle spielen muss. Diese Behauptung wird unterstützt durch Versuche, welche zur Erforschung dieser Vorgänge mit Wasser in ruhig stehenden Gefässen ausgeführt worden sind. Bolton liess hohe Gefässe mit nicht sterilisirtem Wasser bei niedriger Temperatur stehen und entnahm dann Wasserproben von der Oberfläche und vom Boden der Gefässe. Es zeigte sich, dass in drei Fällen der Gehalt an Bacterien am Boden grösser war, als an der Oberfläche, dass einmal die Zahlen gleich waren und einmal der Gehalt der Oberfläche an Mikro-

---

[1] Ueber den Bacteriengehalt des Eises. *Diese Zeitschrift.* Bd. I.

[2] On Bacteria in ice and their relation to desease with special reference to the ice supply of New York. *Med. Record.* 26. März 1887. p. 341.

[3] Die biologische Untersuchung des Eises in seiner Beziehung zur öffentlichen Gesundheitspflege. *Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde.* I. Jahrgang. 1887. Bd. II. Nr. 17. S. 489.

[4] Fol et Dunant, *Recherches sur le nombre des germes vivants que renferment quelques eaux de Genève.* 1884.

[5] Die Wasserversorgung von Zürich u. s. w. *Bericht der „Erweiterten Wassercommission" an den Stadtrath von Zürich.*

organismen den des Bodens übertraf. Auch in den Versuchen von Gärtner[1] und von Heräus[2] wurde ein gleichmässiges Resultat nicht erzielt. Hüppe[3] aber bringt folgenden Beweis für die Sedimentirung: Er liess Leitungswasser, welches 16 Bacterien im Cubikcentimeter enthielt, zwei Monate bei 10° C. stehen und fand nach dieser Zeit oben 11,280 und unten 123,750 Mikroorganismen im Cubikcentimeter; ebenso behandeltes Brunnenwasser mit einem Anfangsgehalt von 560 Bacterien enthielt nach zwei Monaten oben 41,670 und unten 130,000 Bacterien im Cubikcentimeter. Wenn also in Gefässen bei längerem ruhigen Stehen eine Sedimentirung der Mikroorganismen ohne Zweifel in manchen Fällen stattfindet, so muss dieser Vorgang auch in ruhigen, nicht zu schnell fliessenden Gewässern eintreten, wenn nicht äussere Einflüsse, wie Wind und Wetter, störend einwirken.

Gärtner führt in seiner grösseren Arbeit über die Bacterien des Wassers das Sedimentiren auf folgende vier Momente zurück:

1. Auf das Niedersinken von bewegungslosen Mikroben oder von Dauerformen beweglicher Bacterien.

2. Auf spontanes Niedergehen der Bacterien mit Stoffen, welche Nahrungscentren bilden.

3. Auf das mechanische Mitgerissenwerden der Mikroorganismen durch Sinkstoffe.

4. Auf das Absterben derjenigen Bacterien, welche nicht zu den anspruchslosen Arten, zu den sogenannten Wasserbacterien gehören.

Indem wir in dem Nachstehenden zur Begründung der soeben aufgeführten vier Möglichkeiten für die Sedimentirung den Ausführungen Gärtner's folgen, wollen wir zunächst bemerken, dass wir den vierten Punkt schon auf den vorhergehenden Seiten erwähnt haben.

Das Niedersinken von bewegungslosen Bacterien oder von Dauerformen ist deshalb anzunehmen, weil das specifische Gewicht der Organismen höher ist als das des Wassers. Da aber die Gewichtsdifferenz nur eine geringe sein dürfte, so wird dieses Niedersinken im Wasser längere Zeit beanspruchen, und wird sich sowohl nach dem specifischen Gewicht der Organismen, als auch nach dem specifischen Gewicht des Wassers richten müssen, welches bekanntlich nicht in allen Fällen gleich ist.

---

[1] *Die chemische und mikroskopisch-bacteriologische Untersuchung des Wassers.*

[2] *Ueber das Verhalten der Bacterien im Brunnenwasser, sowie über reducirende und oxydirende Eigenschaften der Bacterien.*

[3] Die hygienische Beurteilung des Trinkwassers vom biologischen Standpunkt. Schilling's *Journal.*

Abgestorbene organische und anorganische Theile sinken im Wasser zu Boden, wenn nicht Gasbläschen sie daran hindern. Dieser Vorgang wird in verschiedener Richtung auf die Mikroorganismen im freien Wasser einwirken. Enthalten die niedersinkenden Partikel organische Stoffe, so sind sie Nährmaterial für die Bacterien. Beim Niedersinken dieser Theilchen werden bewegliche Bacterien denselben folgen, da sie an den niedergehenden Stoffen „Nahrungscentren“ haben; unbewegliche Mikroben werden mitgerissen oder bleiben, wie auch ein Theil der beweglichen Bacterien, in dem von der Nahrung entblössten Theil des Wassers zurück. Gehören die zurückbleibenden Keime zu den anspruchslosen Arten, so werden sie unter diesen Verhältnissen weiter leben, sind es aber anspruchsvolle Bacterien, so werden sie in kurzer Zeit absterben.

Seien die niedersinkenden Stoffe anorganischer oder organischer Natur, sie werden einen Theil der Bacterien mechanisch mit sich reissen und so auf die einfachste Weise das Wasser von einem mehr oder minder grossen Theil der darin enthaltenen Bacterien befreien. Bei diesem Vorgange ist es von Belang, ob die niedersinkenden Stoffe schon fertig in das Wasser gelangen, oder ob sie erst in demselben entstehen. Durch Entweichen von Kohlensäure aus den Bicarbonaten des Calcium, Magnesium u. s. w. entstehen Carbonate, Niederschläge, welche die Bacterien in sich einschliessen und in die Tiefe führen. Auf die klärende Wirkung dieser Niederschläge, welche schon vielfach bei den Klärvorrichtungen der Stadtabwässer in Anwendung gezogen ist, brauchen wir hier nicht näher einzugehen. Anders werden fertige unlösliche Substanzen, welche niedersinken, wirken, sie können die Mikroorganismen nicht einschliessen, beeinflussen sie aber dadurch, dass sie die Bacterien zu Boden drücken, indem sie dieselben vor sich hertreiben, oder dass sie als relativ grosse Partikel die Mikroorganismen an sich ziehen. In beiden Fällen ist ein Entrinnen für die kleinsten Lebewesen schwierig. Sind sie im ersten Falle glücklich dem sie in die Tiefe drängenden Klümpchen entwischt, so gerathen sie bei der Fülle derselben gleich unter ein anderes, und so geht es fort, bis sie unten angekommen sind. Aehnlich verhält es sich im zweiten Falle. Sind einige Bacterien der Attractionssphäre eines grösseren Körpers entrückt, so naht sich ihnen sofort die eines anderen, geht auch diese ohne Wirkung bei ihnen vorüber, so verfallen sie doch allmählich den stetig nachfolgenden.

Beide Vorgänge sind schwer von einander zu trennen, auch wird es schwierig sein, durch Experimente festzustellen, welcher von beiden der dominirende ist. Neuerdings sind von Brödtler[1] Versuche angestellt

[1] Zur Biologie der entwickelungsfähigen Keime im Grundwasser. *Inaug.-Diss.* Berlin 1888.

worden, welche möglicher Weise geeignet sind, einiges Licht in das Dunkel dieser Processe zu bringen. Brödtler hing Deckgläschen in keimhaltiges Wasser hinein und zeigte, dass umsomehr Bacterien auf den Deckgläschen vorhanden waren, je länger dieselben im Wasser gehangen hatten. Es ist wahrscheinlich, dass die Bacterien, dem Gesetze der Attraction folgend, sich auf den Gläschen ablagerten, es ist aber auch möglich, dass sie sich freiwillig an den Glasflächen festsetzten, weil sie dort bessere Lebensbedingungen fanden. Abgesehen von diesen Experimenten, die vielleicht eine Erklärung für das mechanische Niedergerissenwerden der Bacterien mit der Zeit geben, sind, soweit uns bekannt, bis auf die nachstehenden Versuche von Percy Frankland[1] nach dieser Richtung hin Untersuchungen nicht angestellt. Frankland schüttelte bacterienreiches Wasser stark mit fein vertheilten Stoffen, liess es einige Zeit stehen und untersuchte dann die geklärte Flüssigkeit auf ihren Gehalt an Mikroorganismen. Hierbei fand sich, dass in vielen Fällen die geschüttelte und wieder geklärte Flüssigkeit weniger Bacterien enthielt, als sie vorher enthalten hatte. Frankland hat aber hierbei anscheinend auf den eventuell verschiedenen Gehalt der einzelnen Flüssigkeitsschichten und des Schlammes am Boden einen besonderen Werth nicht gelegt. Auch hat derselbe eine relativ grosse Menge von Material im Verhältniss zum Wasser verwendet, sodass seine Versuche, da die Materialmengen sich von den bei der Klärung von Abwässern gebräuchlichen zu sehr entfernen, keinen grossen praktischen Werth beanspruchen können.

Durch die vorstehend verzeichneten Forscher ist allerdings gezeigt, dass der Attraction ein nicht unbedeutender Effect an dem Verschwinden der Bacterien aus dem Wasser zukommt, jedoch ist die Versuchsanordnung von Brödtler und von Frankland nicht derartig, dass die von ihnen erhaltenen Resultate ohne Weiteres auf die Sedimentirung der Bacterien im freien Wasser übertragbar wären. Wir haben uns daher die Aufgabe gestellt, zu versuchen, diese Lücke auszufüllen, nachzuweisen, welchen Antheil das grob mechanische Niedergerissenwerden von Bacterien im Wasser durch solche Sinkstoffe hat, welche weder selbst Nahrungscentren sind, noch das Wasser chemisch verändern.

Zu den Versuchen wurden grosse, cylindrische Glasgefässe benutzt, deren Durchmesser 21 ^{cm}, deren Höhe 57 ^{cm} betrug, die also einen Inhalt von 20 Liter hatten. Man verwendet am besten Glasgefässe, sowohl um leicht und sicher beurtheilen zu können, wie schnell oder wie langsam die durch das hineingeschüttete Material getrübte Flüssigkeit sich wieder

---

[1] *New aspect of filtration and other methods of water treatment: the gelatine process of water examination.*

aufhellt; als auch um eine peinliche Sauberkeit, worauf wir bei den Versuchen grosses Gewicht legen mussten, gewährleistet zu haben. Die Höhe von 57 cm war nothwendig, um die Senkungsverhältnisse genau beobachten zu können, während ein Durchmesser von 21 cm für erforderlich erachtet wurde, weil durch grosse Weite des Gefässes die Attraction an die Wandungen am geringsten ausfällt. Die Anziehung wird auch bei diesen weiten Gläsern zur Geltung kommen, aber natürlich nicht so stark als bei engen Röhren, da die Attraction im Verhältniss des Quadrates der Entfernung abnimmt.

Die Gefässe standen im Keller des hygienischen Instituts zu Jena, welcher seine Temperatur nur wenig änderte. So waren im Sommer in demselben nur 10 bis 13 ° C., im Winter schwankte die Temperatur zwischen 6 und 10 ° C. Es musste für den Standort der Gefässe ein Local von niedriger Temperatur ausgewählt werden, um so viel als möglich die Vermehrung der Mikroorganismen im Wasser zu beschränken. Das Thermometer hing in freier Luft dicht über den Gefässen.

Um möglichst fehlerlos zu arbeiten, war die sorgfältige Reinigung der Versuchsgefässe von Wichtigkeit. Zuerst entleerten wir die gebrauchten Gefässe vollständig, gossen frisches Wasser hinein, welches auch wieder nach kräftigem Umschwenken entfernt wurde, dann wischten wir Wände und Boden energisch ab, wozu wir öfter erneuertes Wasser benutzten. Zuletzt kamen die Gefässe wieder auf ihren alten Standort, wurden mit Wasser gefüllt und mit Pappdeckeln zugedeckt. Einen festeren Verschluss brauchten wir nicht anzuwenden, da der Keller ausser zu diesem Versuchszwecke nicht betreten wurde, also Staub- und Luftbewegung gering war.

In zwei resp. einem Gefässe wurden Versuche angestellt, während das andere als Controlgefäss diente, jedes wurde mit Wasser von derselben Beschaffenheit gefüllt.

Das Wasser entnahmen wir der Hauswasserleitung des hygienischen Instituts zu Jena und zwar dem Zapfhahn im Keller, nachdem das Wasser vorher fünf Minuten ablaufen gelassen war. Seine Beschaffenheit, was Härte, Reaction und Gehalt an Mikroorganismen betrifft, war während der Zeit unserer Versuche durchschnittlich die gleiche. Die Härte, auf die wir weiter unten noch ausführlicher zu sprechen kommen, war gross und schwankte nur wenig. Die Reaction war meistens neutral, in seltenen Fällen, wenn auch die Härte des Wassers stieg, war sie nur ganz andeutungsweise alkalisch. Der Gehalt an Mikroorganismen war im Ganzen gering, wir fanden bei wiederholten Prüfungen 20 bis 40 Bacterien im Cubikcentimeter Wasser. Die Temperatur des frisch austretenden Leitungswassers war meistens der des Kellers gleich, wich sie einmal in geringem

Grade ab, so hatte das Wasser doch während des Stehens in den Gefässen, ehe es zu den Versuchen gebraucht wurde, die Temperatur des Kellers angenommen, wie jedesmal constatirt wurde.

Als Versuchs-Mikroorganismus wählten wir eine Bacterienart, die wir im Leitungswasser selbst fanden, und die sich auf den mit diesem Wasser angesetzten Culturen am zahlreichsten und kräftigsten entwickelte. Es war dies ein kurzer, dicker, bewegungsloser Bacillus, welcher in porcellanweissen Colonieen auf der Gelatine gut wuchs und welchen Gentianaviolett deutlich färbte. Von diesem Organismus setzten wir folgendermassen eine Wassercultur an: Wir nahmen eine beliebige Menge Leitungswasser, kochten dieselbe auf, liessen abkühlen und brachten dann eine der oben bezeichneten Colonieen mittelst sterilisirten Platindrahtes hinein. Die so präparirte Flasche liessen wir 24 Stunden auf dem Brütofen stehen, um durch die Einwirkung mittlerer Wärmegrade eine ausgiebige Vermehrung der Bacterien zu erzielen. Am anderen Tage wurden von diesem Wasser Präparate angefertigt und Culturen hergestellt; die letzteren zeigten unzählige Colonieen des betreffenden Mikroorganismus. Zum Beginn der einzelnen Versuche entnahmen wir für jedes Wassergefäss dieselbe Menge Wasser aus unserer Wassercultur, z. B. 50 oder 100 oder 120 ccm in einem sterilisirten Erlenmeyer'schen Kölbchen und gossen diese Menge 24 Stunden vor Zusatz der niedersenkenden Substanz in die grossen, mit Leitungswasser gefüllten Gefässe. Die Mündung der die Cultur enthaltenden Kolben wurde vor dem Umgiessen in einer Gasflamme sterilisirt.

An die sich niedersenkenden Substanzen mussten wir verschiedene Anforderungen stellen. Es war von vornherein nicht unwahrscheinlich, dass dasjenige Material, welches das niedrigste specifische Gewicht aufwies, von grösserer Wirkung sein würde als schweres. Aus diesem Grunde mussten Stoffe beiderlei Art zum Versuch herangezogen werden. Die gewählten Substanzen mussten nothwendiger Weise als ein feines Pulver zur Verwendung kommen. Grössere Stücke wurden im Mörser zerkleinert und dann durch ein feines Sieb, bei dem auf 1 qcm 900 Löcher kamen, geschlagen. Direct vor dem Gebrauch wurde das feine Pulver in einem Sterilisationsofen 3 Stunden lang auf 170° erhitzt gehalten. Um die Keimfreiheit des so behandelten Materials nachzuweisen, schütteten wir zu 500 g sterilisirten Wassers 1 g des Pulvers. Diese Mischung stand während der ganzen Zeit eines Versuches neben den Gefässen im Keller. Sollte der Versuch abgeschlossen werden, so wurden einige Cubikcentimeter der geschüttelten Mischung mit Nährgelatine gemischt und davon Culturplatten hergestellt, deren Sterilität natürlich auch die des beim Versuch benutzten Materiales ergab.

An und für sich wurden nur Materialien in Anwendung gezogen,

von welchen bereits bekannt war, dass sie sich entweder gar nicht oder nur in minimaler Menge im Wasser lösen. Um aber sicher zu gehen, dass nicht etwa Verunreinigungen in dem verwendeten Material sich geltend machten, wurden, da diese Verunreinigungen hauptsächlich in kohlensauren oder schwefelsauren Erden bestehen mussten, Härtebestimmungen nach der Methode von Boutron und Boudet gemacht. Bei einigen Proben, welche zu Ende eines Versuches geschöpft waren, zeigte es sich, dass die Härte abgenommen hatte. Entsprechende Controlen mit Jenaer Leitungswasser, welches in mit Watte verstöpselten Flaschen gestanden hatte, ergaben dann dasselbe Resultat. Es war somit die Härteabnahme bedingt durch das Ausfallen von kohlensauren Verbindungen in Folge des Entweichens von freier Kohlensäure. Die Reaction sowohl des Leitungs- als auch des mit dem Material vermischten Wassers wurde mit empfindlichem Lackmuspapier genau und zwar zu den verschiedensten Zeiten des Versuches geprüft.

Meist 24 Stunden nach Zusatz der Cultur zum Wasser entnahmen wir nach tüchtigem Umrühren aus beiden Gefässen Proben und setzten von diesen eine oder mehrere Plattenculturen mit genau bestimmten Mengen Wassers an. Sofort nach der Entnahme wurde in das Versuchsgefäss eine vorher abgewogene Menge des fein gepulverten, sterilisirten Materials unter Umrühren mit einem langen sterilisirten Glasstabe geschüttet. Beide Gefässe blieben darauf eine Anzahl von Stunden bis zur Entnahme neuer Proben ruhig stehen. Wir bestrebten uns hierbei, eine möglichst gleichmässige Stundenzahl einzuhalten, um den Effect der einzelnen Substanzen besser beurtheilen zu können, mussten aber hier und da äusserer Umstände wegen von dieser Regel abweichen. Die Proben wurden mit langen Pipetten aus den oberflächlichen, den mittleren Schichten und vom Boden des Gefässes gehoben. Zu jeder einzelnen Entnahme benutzten wir eine frisch sterilisirte Pipette. Die Pipetten und Aufnahmegefässe der Proben wurden kurz vor Entnahme derselben sterilisirt.

Zur Anfertigung der Culturen diente die allgemein übliche Fleischpeptongelatine. Von jeder Probe setzten wir mehrere Culturen an, indem wir zu der flüssigen Gelatine $^1/_2$, $^1/_{10}$ und $^1/_{20}$ ccm Wasser hinzufügten. Die so mit dem Wasser geimpfte Gelatine wurden auf Glasplatten gegossen und der erkaltenden Gelatine eine möglichst rechtwinklige Form gegeben, um später die Colonieen genauer zählen bezw. berechnen zu können. Die Aufbewahrung der Culturen in den feuchten Kammern war im Winter eine leichte, während dieser Zeit standen sie in einem Schrank unseres Arbeitszimmers, in dem die Temperatur zwischen 13 und 20° C. schwankte, wie mittelst eines Thermometrographen aufgezeichnete Curven

ergaben. Im Sommer dagegen war die Aufbewahrung der Culturen schwieriger. Wir benutzten in dieser Jahreszeit als Aufbewahrungsort einen zweiten, höher gelegenen Keller als derjenige war, in welchem unsere Versuchsgefässe standen. Da in diesem zweiten Keller anfänglich Verunreinigungen der Culturen besonders durch Schimmelpilze eintraten, so schütteten wir in die untere grössere Schale der feuchten Kammer so viel Wasser, dass die eingesetzte obere Glasglocke in dasselbe eintauchte. Auf diese Weise wurde die Kellerluft von der unter der Glocke befindlichen Luft vollständig abgeschlossen. Im Keller durfte man natürlich die Culturen nicht revidiren, denn sonst wäre der Zweck der Einrichtung verfehlt gewesen. Auch musste man beim Herausnehmen der oberen Glocke vorsichtig sein, damit die Culturen nicht durch aufspritzende Wassertropfen verunreinigt wurden. Die oben beschriebene Einrichtung bewährte sich auf das Vorzüglichste, denn es wurden so selten Schimmelpilze gefunden, dass wir annehmen mussten, diese seien in dem Wasser bezw. in der Glocke vorhanden gewesen. Im Sommer konnten die Colonieen, meistens schon nach drei Tagen gezählt werden, da der benutzte Mikroorganismus rasch wächst. Im Winter warteten wir mit dem Zählen bis zum fünften bis achten Tage. Das Zählen geschah vermittelst der Lupe und der Zählplatte. Auf die Art und Weise des Zählens näher einzugehen, ist nicht nothwendig, nur das sei bemerkt, dass wir nach dem Zählen die Culturen noch stehen liessen, um besonders diejenigen Platten, auf welchen sich wenig Keime entwickelt hatten, einer abermaligen Prüfung zu unterwerfen. Die für die einzelnen Mengen Wassers gefundenen Zahlen wurden für 1 ^{ccm} umgerechnet und aus der Summe der einzelnen Resultate das Mittel gezogen. Erhebliche Differenzen zwischen den Zahlen der Bacterien der entsprechenden Gelatineplatten kamen nicht vor.

Da es uns nur darauf ankam, den Unterschied zwischen der Anzahl der Bacterien, ganz abgesehen von der Art, am Boden, in der Mitte und an der Oberfläche der Gefässe nach der beschriebenen Behandlung des Wassers zu zeigen, so war es nicht gerade nothwendig, mit einer Reincultur zu arbeiten. Nichts desto weniger haben wir stets darauf geachtet, vorwiegend einen Bacillus im Wasser zu haben, weil so die Controle über das Niedersinken eine leichtere war und andererseits, sofern ein unbeweglicher Mikroorganismus gewählt wurde, der störende Einfluss der Beweglichkeit desselben ausgeschlossen blieb. Der fragliche Bacillus musste im Wasser sich einige Zeit zu halten vermögen, auf Gelatine gut wachsen und charakteristische Colonieen bilden. Einen derartigen Organismus fanden wir in dem vorher beschriebenen, im Jenaer Leitungswasser am häufigsten vorkommenden Bacillus. Die Wahl dieses Organismus hatte noch den besonderen Vortheil, dass es nun nicht nothwendig war, die für

jeden Versuch zur Verwendung kommenden 40 bis 60 Liter. Leitungswasser zu sterilisiren, da unter den mit dem Leitungswasser eingeführten Bacterien unser Bacillus derartig überwiegend war, dass die übrigen nicht in Betracht kamen.

Nachdem wir das, was für alle Versuche in Betracht kommt, angeführt haben, wenden wir uns den einzelnen Versuchen zu und geben dieselben ungefähr in der Reihenfolge, in welcher wir sie angefertigt haben.

Thon.

Gewöhnlicher Töpferthon wurde getrocknet, fein zerstossen und gesiebt, sodann mehrere Stunden einer Temperatur von 180 ° C. ausgesetzt, darauf mit sterilisirtem Wasser zu dünnem Brei eingerührt und in die Gefässe gegeben. Das Material war steril. Mit demselben wurden sowohl im Sommer als auch im Winter Versuche unternommen, die ungefähr denselben Erfolg lieferten. Die Härte des Wassers wurde durch den Zusatz nicht verändert, die Reaction blieb neutral. Der erste im Mai bei einer Keller- und Wassertemperatur von 8·5 ° C. angestellte Versuch ergab ungefähr folgendes Resultat:

I.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	9394 Bact. pro Cubikcm.			8517 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			1·0 ^{grm} auf ein Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 17 stündigem Stehen:	15130	12470	17320	979	967	59370

Der im December bei einer Keller- und Wassertemperatur von 7 ° C. angesetzte Versuch brachte ähnliche Zahlen zur Anschauung:

II.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	5400 Bact. pro Ccm.			5101 Bact. pro Ccm.			4940 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 ^{grm} auf ein Liter			2·0 ^{grm} auf ein Liter		
Ort d. Entnahme	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 2 std. Stehen	5340	6110	5480	575	887	33495	365	677	43630
„ 20 „ „	5960	6710	6210	521	155	43595	121	53	150320
„ 50 „ „	7230	5987	6924	6933	6190	66350	3944	4184	171460

Bei diesen Versuchen waren die Gefässe nach Zusatz des Thones stark trübe, nach 12 Stunden fand sich nur noch eine leichte Trübung. Die Wände dieser Gefässe waren mit einer feinen Thonschicht überzogen.

Calciumcarbonat.

Der erste der beiden Versuche ist mit Schlemmkreide, wie sie die Anstreicher benutzen, gemacht worden. Eine Sterilisation des Materials und die Untersuchung, ob es die chemische Beschaffenheit des Wassers verändere, ist bis auf die Prüfung der Reaction, die sich immer als neutral ergab, nicht ausgeführt worden. Die Schlemmkreide enthielt, wie eine Probe ergab, im Cubikcentimenter mehrere Tausend Keime. Die Temperatur des Wassers bezw. Kellers war 11° C. Die Ausführung des Versuches fällt in den Juli.

I.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	6500 Bact. pro Cubikcm.			6920 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			0·75 grm auf ein Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 4 stündigem Stehen	6984	8454	7120	2796	1366	7120
„ 24 „ „	8224	7440	7760	3450	4780	7760
„ 48 „ „	9870	8470	11880	8140	12280	11880
„ 102 „ „	13672	11870	26290	45290	20220	26290

Die zweite Versuchsreihe, welche die erste ergänzen sollte, wurde im Monat November mit fein gestossener und gesiebter Stückenkreide angestellt. Das durch mehrere Stunden auf 160° C. erhitzte Material behielt seine chemische Beschaffenheit bei, während sämmtliche Bacterien durch die Temperaturerhöhung abgetödtet wurden. Die Härte und Reaction des Wassers, welchem die Kreide zugesetzt war, blieb der des Wassers im Controlgefäss gleich. Die Temperatur des Kellers betrug Anfangs 8° C., zum Schluss 10° C.

II.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	7432 Bact. pro Ccm.			6108 Bact. pro Ccm.			13650 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			2·0 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 2 std. Stehen	6940	8440	6220	628	1590	9480	1050	1460	275600
„ 20 „ „	8796	7970	9140	700	691	231020	807	570	887020
„ 50 „ „	11735	10825	12354	23185	10650	81070	5325	4090	346680

Versuchsgefäss I, welches nach Zusatz des Materials anfänglich sehr trübe war, zeigte 19 Stunden später unten nur noch eine ganz leichte Trübung, sonst war der übrige Theil der Flüssigkeit klar. Bei Versuchsgefäss II trat dieser Zustand erst nach 26 Stunden ein.

Kieselguhr.

Im Mörser gestossene und sterilisirte Kieselguhr wurde in zwei Versuchsreihen dem Wasser zugesetzt. Die Härte des Wassers im Versuchsgefäss war während der Dauer des Versuches gleich der des Wassers im Controlgefäss. Die Reaction war immer neutral. Auch hier wurde eine Versuchsreihe im Juli vorgenommen bei einer Wasser- bezw. Kellertemperatur von 10 bis 13° C. Das Material übte folgende Wirkung auf die Mikroorganismen aus:

I.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	1537 Bact. pro Cubikcm.			3336 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 6stündigem Stehen	1690	1950	1966	691	655	41040
„ 29 „ „	3260	7252	3626	2241	2160	42296

Im November wurde der Versuch wiederholt mit fein gesiebter Kieselguhr anstatt des vorher verwendeten nur gestossenen Materials. Die Wasser- bez. Kellertemperatur betrug 6 bis 9° C. (S. Tab. II, S. 103 oben.)

Versuchsgefäss I war nach Zusatz der Kieselguhr vollständig trübe, nach 20 Stunden zeigte es noch eine allgemeine schwache Trübung; dasselbe ist für Versuchsgefäss II nach 30 Stunden zu bemerken.

II.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	6030 Bact. pro Ccm.			6450 Bact. pro Ccm.			6840 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			2·0 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 2 std. Stehen	6170	6648	6510	584	805	25332	939	572	23415
„ 20 „ „	6252	7148	6774	420	454	26910	190	499	29840
„ 50 „ „	10431	11644	10873	404	260	28471	254	190	32220

Aluminiumoxyd.

Mit Aluminiumoxyd wurden ebenfalls zwei Versuche unternommen. Das Material wurde steril und fein gesiebt verwendet. Es übte auf die chemische Beschaffenheit des Wassers keinen Einfluss aus; die Reaction erwies sich in allen Fällen als neutral. Der erste Versuch fand bei einer Keller- resp. Wassertemperatur von 12° C. im Juli statt. Die Veränderung, welche das Material auf die Anordnung der Bacterien ausübte, war folgende:

I.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	990 Bact. pro Cubikcm.			1224 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 18stündigem Stehen	1613	1304	1905	257	379	13226

Das Resultat des im December bei Keller- resp. Wassertemperatur von 9° C. angestellten Versuchs zeigt die Tabelle:

II.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	5179 Bact. pro Cm.			4598 Bact. pro Ccm.			5234 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			1·5 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 2 std. Stehen	5729	5116	5356	970	820	35622	488	640	32689
„ 20 „ „	5981	6123	5849	860	720	37125	313	282	44720
„ 50 „ „	6014	7433	6630	670	1440	33057	248	260	47010

Versuchsgefäss I, welches nach Zusatz des Materials stark trübe war, zeigte nach 20 Stunden eine ganz leichte Trübung; dasselbe war bei Versuchsgefäss II nach 30 Stunden noch der Fall.

Ziegelmehl.

Das Material zu diesem Versuche wurde von einem sogenannten Rathenower Mauerstein gewonnen. Derselbe wurde zerklopft, einige Stücke davon im Mörser zerrieben und das entstandene Pulver durch das vorher beschriebene Sieb getrieben. Die Masse wurde steril gemacht durch Einwirkung einer Hitze von 170° C. mehrere Stunden hindurch. Auf die Härte und Reaction des Wassers übte das Material keinen Einfluss aus, letztere war neutral. Die Versuchsreihe wurde bei einer Keller- resp. Wassertemperatur von 7° C. im December gemacht. Es konnten folgende Zahlen notirt werden:

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	5000 Bact. pro Ccm.			4740 Bact. pro Ccm.			4460 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			2·0 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 2 std. Stehen	5610	4823	4764	475	575	21080	240	375	36070
„ 20 „ „	6743	5210	5347	372	353	128280	72	43	198360
„ 50 „ „	5984	6991	7200	2670	2860	242680	1673	1945	236420

Versuchsgefäss I, welches nach Zusatz des Materials stark trübe war, war nach $2^1/_2$ Stunden klar; bei Versuchsgefäss II war nach $7^1/_2$ Stunden noch ein leichter, trüber Schimmer zu sehen, die Flüssigkeit wurde dann bald klar.

Holzkohle.

Die gestossene und fein gesiebte Holzkohle wurde steril den Versuchsgefässen zugesetzt. Die Prüfung auf Härte und Reaction des Wassers der beschickten Gefässe ergab während des Versuchs Gleichheit desselben mit dem Wasser in dem Controlgefäss. Im Juni wurde bei einer Temperatur von 10° C. ein Versuch mit diesem Material unternommen, dessen Resultat lautet:

I.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	2896 Bact. pro Cubikcm.			2700 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			1·0 grm im Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 24 stündigem Stehen	17539	19427	19430	224	226	36700

Diesem Versuch schloss sich im Winter eine Versuchsreihe an, bei der die Keller- resp. Wassertemperatur nur 7° C. betrug:

II.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	5720 Bact. pro Ccm.			4892 Bact. pro Ccm.			6023 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			2 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 2 std. Stehen	6134	4919	5064	890	1002	38720	719	934	50940
„ 20 „ „	7640	6134	5030	320	230	105630	180	190	235610
„ 50 „ „	7851	8915	7434	538	670	107840	481	530	240400

Versuchsgefäss I, welches nach Zusatz des Materials stark getrübt war, zeigte nach 20 Stunden noch leichte Trübung; Versuchsgefäss II hatte dieselbe noch nach 30 Stunden.

Coaks.

Das pulverisirte und fein gesiebte Material wurde längere Zeit geglüht, so dass es steril war. Die Härte und Reaction des Wassers wurde durch das in das Wasser hineingeschüttete Material nicht verändert. Als im December die Versuche angestellt wurden, hatte die Kellerluft bez. das Wasser in den Gefässen eine Temperatur von 7° C. Die Wirkung des Materials zeigte sich als die folgende:

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	7119 Bact. pro Ccm.			6548 Bact. pro Ccm.			7069 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			2·0 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 1 std. Stehen	7184	6870	6934	5374	4835	6719	6274	6375	7140
„ 6 „ „	6984	7230	6952	3788	3675	8760	3133	3660	14907

Nach $^1/_2$ Stunde war in beiden Versuchsgefässen die Flüssigkeit klar, sie wies nur einen grünlich schwarzen Schimmer auf.

Sand.

In diesem Versuche wurde trockner weisser Sand fein gesiebt und bei 170° C. sterilisirt. Auf die Härte und Reaction des Wassers war der Sand einflusslos. Bei einer Keller- resp. Wassertemperatur von 7° C. wurde der Versuch im December angesetzt. Er gab folgende Zahlen:

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	5180 Bact. pro Ccm.			5616 Bact. pro Ccm.			5279 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			2·0 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 1 std. Stehen	5276	4993	6040	4848	4684	5066	3234	4998	6118
„ 6 „ „	5047	5150	6101	3784	4315	6988	2122	2045	9336

Nach 3 bez. 7 Minuten waren sämmtliche Sandpartikelchen in den beiden Versuchsgefässen zu Boden gefallen.

Fassen wir die Resultate vorstehender Versuche zusammen, so ergiebt sich ungefähr folgendes: Die Zahl der Bacterien in den Control-

gefässen steigt bei den im Winter unternommenen Versuchen fast nie an. Dieser Umstand ist hauptsächlich der gleichmässig niedrigen Temperatur zuzuschreiben und ist insofern für unsere Versuche von nicht zu unterschätzender Wichtigkeit, als dadurch der durch die Vermehrung oder durch das Absterben von Mikroorganismen entstehende Fehler vollständig ausgeschaltet wird, ein für derartige Untersuchungen wesentlicher Factor. Während des Sommers war die Keller- bez. Wassertemperatur, welche entweder schon von Anfang an gleich waren oder sich doch bald in das Gleichgewicht setzten, erhöht. Diese Erhöhung betrug zwar nur wenige Grade, dennoch wuchs entsprechend dem Anstieg der Wärme die Anzahl der Bacterien. Allerdings war das Verhältniss nicht immer constant, eine Thatsache, welche auch anderen Forschern, wir erinnern an die schon erwähnte Arbeit von Heräus, aufgefallen ist.

Eine Niedersenkung der Bacterien in den Controlgefässen fand nicht statt, nur bei dem ersten Versuche mit Calciumcarbonat war nach 48 Stunden eine unbedeutende, nach 102 Stunden eine deutlichere Senkung nachzuweisen. Das Fehlen der Senkung darf mit einiger Wahrscheinlichkeit auf die Kürze unserer Versuchszeit, welche im Allgemeinen nicht über 50 Stunden dauerte, zurückgeführt werden.

Wir verwendeten acht verschiedene Arten chemisch indifferenten Materials zu unseren Versuchen. Das physikalische Verhalten dieser Stoffe ist jedoch verschieden. So haben wir z. B. zwei Körper, welche sich durch ein relativ hohes specifisches Gewicht auszeichnen, nämlich Coaks und Sand, während die übrigen Materien viel geringeres specifisches Gewicht besitzen. Diese letzteren gaben im Verhältniss zu den ersteren viel bessere Fällungsresultate. Bei Sand und Coaks ist nur eine minimale Fällung zu bemerken, bei Coaks nach 6 Stunden mit 0·5 ^{grm} und 2·0 ^{grm} pro Liter nur eine Verminderung um die Hälfte in den oberen und mittleren Schichten. Dieselbe Verminderung wurde durch Zusatz von 2·0 ^{grm} Sand pro Liter erreicht, während mit 0·5 ^{grm} pro Liter eine Abminderung der Bacterien in den oberen und mittleren Schichten nicht erzielt werden konnte. Prüfungen, welche sich über grössere Zeiträume erstreckten, waren nicht nöthig, da sich die Substanzen schon nach sehr kurzer Zeit, nach 3 bis 30 Minuten, zu Boden gesetzt hatten. Bei Kieselguhr hingegen war bei Zusatz von 0·5 ^{grm} pro Liter nach 20 Stunden eine vierzehnfache, und nach Zusatz von 2·0 ^{grm} pro Liter nach derselben Zeit beinahe eine 50 fache Verminderung in den oberen und mittleren Schichten zu bemerken. Aehnlich verhält es sich mit den anderen Substanzen wie Calciumcarbonat, Ziegelmehl, Thon, Aluminiumoxyd, Holzkohle. Nach den aus unseren Versuchen geschöpften Erfahrungen müssen wir annehmen, dass um so mehr Mikroorganismen in die Tiefe geführt werden,

je langsamer die in das Wasser gebrachten Materialien selbst zu Boden sinken.

Die Stoffe wirken, wie bereits erwähnt, in zweierlei Weise, zuerst dadurch, dass sie als gröbere Körper sich auf die Mikroorganismen legen und sie einfach zu Boden drücken, sodann dadurch, dass sie die in ihrer Nähe befindlichen kleineren Körper anziehen. Soll der Mikroorganismus aber dieser Attraction folgen, dann muss die Anziehungskraft des sich senkenden Körpers grösser sein als der Widerstand, welchen das Wasser dem angezogenen Mikroorganismus entgegensetzt. Dieser Widerstand wird besser überwunden, je länger die Anziehung aus nächster Nähe wirkt. Daher müssen die Stoffe, welche sich langsam zu Boden senken, besser klären als diejenigen, welche rasch in die Tiefe sinken.

Auch wird das Niedergerissenwerden der Mikroorganismen länger anhalten bei Stoffen, welche langsam niederfallen. In unseren Versuchen hörte bei einigen, ungefähr gleich schnell sinkenden Substanzen die Fällung der Mikroorganismen zwischen der 20. und 30. Stunde ruhigen Stehens auf, z. B. bei Ziegelmehl und Calciumcarbonat. Bei den Stoffen, welche das Wasser länger trüben, z. B. bei Kieselguhr und Aluminiumoxyd, bemerkten wir noch nach 50 Stunden eine Verminderung der Mikroorganismen in den mittleren und oberen Schichten.

Ferner ist bei den Substanzen, welche fast gleich schnell im Wasser zu Boden fallen, die Menge des benutzten Materials von grosser Einwirkung auf die Niedersenkung der Bacterien. Es ist schon vorher davon gesprochen worden, dass, je dichter die Körperchen in dem Wasser schweben, um so schwieriger die Mikroorganismen dem Einfluss derselben entgehen. Aus allen unseren Versuchen lassen sich Beispiele einer stärkeren Niedersenkung mit dem grösseren Zusatz beibringen, z. B. wird bei dem zweiten Versuche mit Thon bei einem Zusatz von $0 \cdot 5^{grm}$ pro Liter nach 20 Stunden die Menge der Mikroorganismen in den oberflächlichen Schichten um das Zehnfache, in den mittleren um das Vierzigfache vermindert, am Boden hingegen um das Achtfache vermehrt. Grössere Multiplicatoren finden wir bei einem Zusatz von $2 \cdot 0^{grm}$ pro Liter, hier wird die Anzahl der Keime nach 20 Stunden in den oberen Partien um das Vierzigfache, in den mittleren sogar um das Neunzigfache vermindert, wohingegen die Vermehrung am Boden ungefähr eine dreissigfache ist. Aehnlich verhält es sich bei allen unseren Versuchen, wie aus den Tabellen leicht ersichtlich ist.

Nachdem so durch das Fällmaterial in den oberen und mittleren Schichten eine Verminderung erzeugt worden ist, tritt in den meisten Fällen nach 50 Stunden wieder eine Vermehrung der Bacterien ein und

zwar in dem Grade, wie sie im Wasser der Controlgefässe nicht stattfindet. Da das Wasser in beiden Gefässen denselben Aussenbedingungen ausgesetzt war, so muss diese schnellere Vermehrung in den Versuchsgefässen auf den Zusatz der fein vertheilten Stoffe zurückgeführt werden. Diese Stoffe vermögen aber in verschiedener Weise einzuwirken. So ist es z. B. nicht undenkbar, dass trotz der „Unlöslichkeit“ im Wasser, welche den benutzten Stoffen eigen ist, doch minimale Mengen, die der chemischen Analyse entgehen, aufgelöst werden. Diese geringen Mengen können indessen bei der Anspruchslosigkeit mancher Bacterien zu einer reichlicheren Ernährung und somit zu rascher Vermehrung genügen. Durch das Fällmaterial werden ferner nicht nur die Bacterien, sondern wahrscheinlich auch ihre Ausscheidungsproducte entfernt, wodurch die zurückbleibenden Organismen von den schädlichen Stoffen, mögen diese aromatischer oder saurer oder alkalischer Natur sein, befreit werden, was wiederum reichlichere Vermehrung zur Folge hat.

Einige Beispiele mögen kurz den Unterschied zwischen der Vermehrung in den Controlgefässen und den zu den Versuchen benutzten erläutern. In Versuchsgefäss II des mit Ziegelmehl angestellten Versuches steigt die Zahl der Mikroorganismen, welche in 20 Stunden in den oberen Schichten auf 72 gesunken war, nach weiteren 30 Stunden auf 1673; in den mittleren Schichten von 43 auf 1945 Bacterien an, während in den Controlgefässen die Zahlen dieselben bleiben. Eine noch stärkere Vermehrung giebt Versuchsgefäss II des zweiten mit Thon vollführten Versuches, dort steigt die Anzahl der Keime oben zwischen 20 bis 50 Stunden von 121 bis 3944, in der Mitte während derselben Zeit von 53 bis 4184 an; im Controlgefäss hat ein Ansteigen nicht statt. Nicht immer tritt diese Vermehrung in der Zeit zwischen der 20. und 50. Stunde ruhigen Stehens ein, bei sehr langsam niedersinkendem Material, wie Kieselguhr, sieht man noch nach 50 Stunden eine Verminderung der Keime, besonders in der Mitte; nachher wird ohne Zweifel eine Vermehrung folgen, wie aus dem Resultat des ersten Versuches geschlossen werden kann.

Bald nachdem das Sinken der fein vertheilten Partikelchen zu Ende ist, gleichgültig ob dieses nach kürzerer oder längerer Zeit eintritt, sind meistentheils die Zahlen für die in der Mitte der Flüssigkeit gefundenen Bacterienmengen kleiner als die für Oben und am Boden notirten. Die grössere Anzahl am Boden ist auf die Anzahl der gefällten Bacterien zurückzuführen. Dass die Zahl der Mikroorganismen in den oberen Schichten oft grösser ist als in der Mitte, erklärt sich dadurch, dass die Reinigung des Wassers von den Sinkstoffen in den oberen Schichten viel früher beendet ist als in den mittleren und unteren, durch welche das von oben kommende Material sich langsam weiter senkt. In Folge dessen wird die

Vermehrung in den oberen Schichten auch früher beginnen bez. sich bemerkbar machen als in den mittleren. Hierzu kommt noch, dass auch der in den oberen Partien reichlicher vorhandene Sauerstoff möglicher Weise begünstigend einwirkt. Die Erscheinung der relativen Bacterienarmuth der mittleren Schichten trat bei unseren Versuchen meistens nach 20 Stunden ein, wie an den Tabellen für Thon, Calciumcarbonat II, Kieselguhr I, Aluminiumoxyd II, Ziegelmehl und Holzkohle zu sehen ist. Bei anderen Versuchen können wir diese Thatsache erst nach 50 Stunden beobachten.

Hierbei darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass die zu Boden gesunkenen Bacterien von dort wieder nach oben dringen können, sei es, dass die beweglichen Bacterien selbstständig die unteren Schichten verlassen, sei es, dass die unbeweglichen Mikroben durch Strömungen, welche durch Temperaturdifferenzen u. s. w. in dem Wasser bedingt sind, nach oben geführt werden. Bei unseren Versuchen kommt noch hinzu, dass auch die Entnahme der Proben mit langen Pipetten auf das Aufsteigen der Bacterien von Einfluss war. Alle diese Gründe werden dazu beitragen, die Keimzahl in den oberen und in erster Linie in den mittleren Schichten nach einiger Zeit wieder ansteigen zu lassen.

Der erste Versuch mit Calciumcarbonat giebt ein viel weniger gutes Resultat als der zweite. Dies liegt daran, dass in diesem Falle nicht vollständig sterilisirtes Material verwendet und der Versuch bei einer Temperatur von 11° C. ausgeführt wurde, während beim zweiten Versuch das Material steril war und die Temperatur Anfangs 8° C. betrug.

Aehnliches ist von den Versuchen mit Kieselguhr zu berichten. Beim ersten wurde ungesiebtes, nur gestossenes Material benutzt, es ergab sich ein mittelstarkes Niedergerissenwerden der Bacterien, aber nach 29 Stunden schon wieder ein starkes Wachsen der Zahl derselben. Das fein gesiebte Material lässt seine Wirkung noch nach 50 Stunden sehen. Es hängt dies mit dem schnelleren und langsameren Sinken der Substanz zusammen. Die Temperatur wird gleichfalls von Einfluss gewesen sein, denn sie betrug bei dem ersten Versuch 10 bis 13° C., bei dem zweiten 6 bis 9° C.

Hiermit hätten wir die uns gestellte Aufgabe, zu zeigen, in welcher Weise fein vertheilte Substanzen rein mechanisch auf die Mikroorganismen einwirken, zu Ende geführt, und lässt sich das Gesammtresultat dahin zusammenfassen: *Fein vertheilte, chemisch indifferente Substanzen nehmen in Wasser gebracht einen grossen Theil der in demselben enthaltenen Bacterien mit zu Boden. Die Wirkung ist um so grösser, je langsamer, bis zu einer gewissen Grenze, das Niedersinken erfolgt und je mehr Material eingebracht wird.*

Um den Unterschied zwischen diesen Substanzen und solchen, welche daneben auch chemisch wirken, in etwas zu beleuchten, also zur besseren Veranschaulichung der chemischen und physikalischen Wirkung geben wir noch einige dahinzielende Versuche. Wir beginnen mit einem Körper, der chemische Wirkung geltend macht, wenn er auch keine Niederschläge bildet; es ist dies das

Magnesiumoxyd.

Das Material änderte sowohl die Reaction als auch die Härte des Wassers. Die Reaction wurde durch dasselbe von neutraler in deutlich alkalische umgewandelt. Zu Anfang des Versuches war das Versuchswasser durchweg alkalisch, diese Alkalescenz nahm mit der Zeit in den oberen und mittleren Schichten ab, wohl deshalb, weil das stärker alkalisch reagirende Magnesiumoxyd unterdessen niedergefallen war, vermehrte sich dagegen am Boden. Die Härte des Wassers wurde durch das Magnesiumoxyd um 8·7 deutsche Härtegrade gesteigert. Die Substanz wurde steril und fein gesiebt benutzt. Während des Versuches betrug die Keller- bez. Wassertemperatur 7° C. Die Wirkung auf die Mikroorganismen ist aus folgender Tabelle ersichtlich:

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	4140 Bact. pro Ccm.			4676 Bact. pro Ccm.			4120 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			1·0 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 2 std. Stehen	4260	4014	4316	1414	1410	16436	970	1000	20541
„ 20 „ „	5013	4670	4814	694	695	11065	680	432	7772
„ 50 „ „	5139	4067	5432	846	900	5040	860	1950	2781

Das Versuchswasser, das nach Zusatz des Materials sehr trübe war, zeigte nach 18 Stunden noch leichte Trübung, welche zwischen 20 und 30 Stunden verschwand.

Asche von hartem Holz.

Sterile und fein gesiebte Asche von hartem Holz wandelte die neutrale Reaction des Wassers, in welches sie geschüttet wurde, in eine alkalische um, besonders reagirten die vom Boden entnommenen Proben deutlich alkalisch. Als der Versuch angestellt wurde, betrug die Kellerbez. Wassertemperatur 11° C. Das Resultat war folgendes:

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	18368 Bact. pro Cubikcm.			18629 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			2·0 grm im Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 15 stündigem Stehen	42737	45388	54268	30	24	4600

Bei einem zweiten Versuch mit weniger Material war die Reaction am Boden nur schwach alkalisch.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	3875 Bact. pro Cubikcm.			2178 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			1·0 grm im Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 22stündigem Stehen	39530	35547	31221	833	4330	73961

Beide Male war das Wasser bei der Entnahme vollständig klar.

Aus den gegebenen Tabellen ist ersichtlich, dass auch bei diesen Stoffen eine Niedersenkung der Bacterien erfolgt, wie aus der Differenz zwischen der Keimzahl der Bacterien in den oberen Schichten und am Boden hervorgeht. Gleichzeitig aber tritt noch ein Abtödten der Mikroorganismen ein und zwar durch die Alkalescenz des Wassers, die bei grösseren Mengen von Material steigt. Am Boden der Gefässe, wo sich die alkalischen Substanzen ablagerten, war die alkalische Reaction viel stärker in den oberen Schichten, in Folge dessen war dort auch auf die Dauer als die grösste Verminderung nachzuweisen. Welchen Einfluss der Unterschied in der Alkalescenz hat, zeigen die Resultate bei dem Versuch mit Asche von hartem Holz. Hier ist bei einem Zusatz von 2·0 grm pro Liter nach 15 Stunden trotz der starken Niedersenkung der Bacterien eine Verminderung derselben am Boden eingetreten, während bei dem zweiten Versuch, welcher mit einem Zusatz von nur 1·0 grm pro Liter ausgeführt wurde, keine Verminderung, sondern vielleicht noch eine Vermehrung der Mikroorganismen am Boden stattfand. Wir müssen annehmen, dass in ersterem Falle die starke Alkalescenz im Bodensatz die Keimzahl verminderte, während im zweiten Falle die geringe Alkalescenz noch ein Weiterwachsen gestattete.

Konnten schon bei diesen schwach chemisch wirkenden Substanzen solche Resultate verzeichnet werden, so mussten stärker wirkende noch einen grösseren Einfluss ausüben. Eine derartig chemisch differente Substanz ist unter anderen die Kalkmilch. Schüttet man Kalkmilch in Wasser, so verbindet sich die Kohlensäure des Wassers mit dem Calcium-

hydrat zu Calciumcarbonat, welches im Wasser nahezu unlöslich bei seiner Entstehung Niederschläge bildet; diese schliessen die Mikroorganismen ein und führen sie in die Tiefe. Der Process der Bildung von Calciumcarbonat tritt bei dem von uns benutzten Wasser besonders stark hervor, da in demselben viel doppelkohlensaurer Kalk vorhanden ist, welcher seine halbgebundene Kohlensäure zu der Umwandlung des überschüssigen Calciumhydrats zu Calciumcarbonat hergiebt und so die Niederschläge vermehrt. Zu dieser starken mechanischen Einwirkung tritt dann noch die chemische hinzu. Durch das Calciumhydrat, welches gelöst bleibt, wird in dem Wasser eine starke Alkalescenz erzeugt, welche die Bacterien in ihrer Vitalität zu schädigen geeignet ist.

Kalk.

Die Menge Kalk, welche benutzt werden sollte, wurde gelöscht und die gewonnene Kalkmilch dem Wasser zugesetzt. Hierdurch wandelte sich die Reaction des Wassers in eine alkalische um. Nach einiger Zeit war die Reaction am Boden stark alkalisch, während nach tagelangem Stehen dieselbe in den oberen und mittleren Schichten schwach alkalisch wurde. Die Temperatur des Wassers schwankte zwischen 8 und 12° C. Es muss erwähnt werden, dass durch einen Zufall bei diesem Versuche die Anzahl der Bacterien im Controlgefäss und Versuchsgefäss stark differirt.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	4978 Bact. pro Cubikcm.			59576 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			0·2 grm im Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Sofort	5128	4984	5315	878	763	346
Nach 2 Tagen 19 Stunden	20521	19577	23603	634	1684	153
„ 22 „ 18 „	11002	12320	23820	2729	836	1176

Ein zweiter Versuch wurde angestellt bei einer Temperatur von 12° C.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	5259 Bact. pro Cubikcm.			11440 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			0·2 grm im Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 17stündigem Stehen	7850	6271	9060	18	21	27
„ 42 „ „	13340	11032	11912	62	20	33
„ 66 „ „	16870	14242	16176	187	68	13

Nach $1^1/_2$ Stunden war das Wasser in den Versuchsgefässen noch trübe, schon etwas heller nach $2^1/_2$ Stunden, nach 42 Stunden war es vollständig klar.

Kalk und rohe schwefelsaure Thonerde.

Um eine schnellere und voluminösere Fällung des Kalkes zu bewirken, wurde ein Viertel der Menge desselben durch Aluminium sulf. crudum ersetzt (im Liter 0·15 Kalk + 0·05 rohe schwefelsaure Thonerde). Zuerst wurde die Kalkmilch in das Versuchswasser gegossen und dasselbe umgerührt, dann gleich die Thonerde zugegeben und nochmals umgerührt. Die Reaction des mit der Mischung behandelten nicht filtrirten Wassers wurde alkalisch und nahm mit der Länge der Versuchszeit, also während 48 Stunden zu. Die Temperatur im Keller betrug während dieses Versuches 12° C.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	2265 Bact. pro Cubikcm.			2010 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			$0 \cdot 2^{grm}$ pro Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach $2^1/_2$ stündigem Stehen	2347	2100	2490	220	254	171
„ 26 „ „	15872	18460	23760	448	316	6462
„ 48 „ „	68865	44691	78813	950	1306	791

Nach $2^1/_2$ Stunden war die Flüssigkeit in dem Versuchsgefäss noch mittelschwach getrübt, nach 26 Stunden klar.

Wir nahmen bei diesen Versuchen nur $0 \cdot 2^{grm}$ Material pro Liter statt 0·5 oder $2 \cdot 0^{grm}$ pro Liter, wie bei den anderen Versuchen, um möglichst genau die Verhältnisse wiederzugeben, welche bei den Klärungen von Stadtabwässern gebräuchlich sind. (So wurden in der Stadt Halle zur Klärung von 1000^{cbm} Wasser 40 Kilo Aluminium sulf. crudum und 150 Kilo Kalkhydrat verwendet, ein Procentsatz, welcher sich mit dem unserigen ungefähr deckt.) Trotz der in Anwendung gezogenen geringen Menge ist der Erfolg dennoch erheblich.

Vergleichen wir die Resultate, welche wir in diesen wenigen, nur zur Orientirung angestellten Versuchen mit Kalk, Asche und Kalk mit Alaun erzielt haben, so ist direct ersichtlich, dass letztere erheblich besser sind als diejenigen, welche wir durch die einfache mechanische Fällung bekamen.

Wenn daher auch aus unseren Versuchen unzweifelhaft hervorgeht, dass die Bacterien durch niedersinkende Substanzen in erheblichem Maasse mit in die Tiefe gerissen werden, so ist diese Wirkung doch eine viel bedeutendere, wenn zu der mechanischen Wirkung noch die chemische hinzukommt. Bei Reinigung von Wässern werden daher auch die letzteren Stoffe im Allgemeinen den Vorzug verdienen und die rein mechanisch wirkenden Substanzen, wenn überhaupt, dann nur zur Unterstützung jener Verwendung finden können.



Aphorismen über Wasserversorgung, vom hygienisch-technischen Standpunkte aus bearbeitet.

Von

C. Piefke,
Ingenieur der städtischen Wasserwerke zu Berlin.

Ein Jeder, welche Auffassung er auch sonst von der Gegenwart haben möge, wird zugeben müssen, dass sie sich durch ihren lebendigen Sinn für allgemeine Wohlfahrtsinteressen gegen frühere Epochen auf das Vortheilhafteste auszeichnet. Mit einer Opferfreudigkeit, die noch vor einem Menschenalter märchenhaft erschienen wäre, werden heutzutage enorme Summen gespendet, um alle nur erdenkbaren Anstalten zu gründen, die zur Beförderung menschlichen Wohlbefindens beitragen können. Insbesondere sind die Leistungen der grossen Städte auf diesem Gebiete bewundernswerth. Man kann fast sagen: es ist das Ideal der städtischen Bevölkerungen geworden, die unzähligen Naturwidrigkeiten ihrer Zusammenpferchung zu besiegen und neue, vollkommenere Existenzbedingungen zu schaffen.

Als bei Beginn dieser thatenreichen Epoche ausgezeichnete Männer (Namen will ich nicht nennen) die Bahn zu brechen begannen, da fehlte es noch an zuverlässigen Stützpunkten, welche Wissenschaft und Erfahrung hätten bieten können, und die Gabe der Vorahnung, womit zum Glücke die Natur schöpferische Geister bisweilen ausrüstet, musste für jene Ersatz bieten. Heute füllt eifrige Forschung und ein grosser Kreis emsiger Schüler diese Lücke mehr und mehr aus. Ein neuer Zweig ist dem Baume der Erkenntniss entsprossen und die hygienische Wissenschaft verbreitet ihr Licht auf Pfade, die noch vor Kurzem in Dunkelheit gehüllt vor uns lagen. Neue Ziele, neue Aufgaben tauchen vor uns auf und, wenn wir die menschliche Gesellschaft selbst als einen in der Entwickelung fortschreitenden Organismus betrachten dürfen, neue, für diesen

besonderen Zweck ausgebildete Organe müssen hinzutreten. Alle Culturstaaten beeilen sich, diesem Bedürfniss der Zeit durch Gründung hygienischer Institute gerecht zu werden, und von hier aus werden dereinst die Berather der Communen in allen das leibliche Wohl der Bevölkerung betreffenden Angelegenheiten hervorgehen.

Noch ist es eine Einseitigkeit der Auffassung, die Hygiene einfach als eine Hülfswissenschaft der Medicin anzusehen. Das Gegentheil dürfte eher der Fall sein. Der Hygieniker tritt täglich in die mannigfaltigsten Beziehungen zur praktischen Welt und muss ihr Mühen und Können aus eigener Anschauung ermessen haben, um sie nicht durch seine Entscheidungen gegen eigene bessere Absicht zu schädigen. Und dazu gehört doch wohl ein Studium, welches die Arbeitskraft selbst hervorragender Geister vollauf in Anspruch nimmt.

Aus der Nothwendigkeit, dass sich Theorie und Praxis in so hohem Maasse in einer Person vereinige, entspringt für den in hygienische Aufgaben verwickelten Techniker die Pflicht, seinerseits das Mögliche zur Herbeiführung eines Verständnisses mit derjenigen Instanz zu thun, welche berufen ist, ihm die leitenden Gesichtspunkte anzugeben oder ihn vor Irrwegen zu bewahren. In dieser Absicht unternehme ich es, den kleinen Beitrag, welchen ich aus meinem Specialfache liefern kann, der Oeffentlichkeit zu übergeben. Namentlich will ich den Filtrationsprocess und zwar in den verschiedenartigen Gestaltungen, in denen er uns im Grossen entgegentritt, einer eingehenden Betrachtung unterziehen, wobei nicht ausbleiben wird, dass einige scheinbar erledigte Streitfragen wieder zur Discussion gelangen werden.

Zunächst mache ich nochmals — ungeachtet früherer Anfänge — den Versuch, für die Filtration rationelle Grundsätze aufzustellen, weil mich erst das im Jahre 1885 mit freundlicher Unterstützung des Hrn. Geheimrath Dr. Koch begonnene und seitdem fortbetriebene Studium der Biologie in den Stand gesetzt hat, ein tieferes Verständniss für diesen unscheinbaren Process zu gewinnen.

I. Grundsätze der Filtration.

Das wichtigste Material, dessen man sich bei der Filtration im Grossen bedient, ist noch immer der Sand. Seine Eigenschaften, die ja im Allgemeinen längst festgestellt sind, werden hier nur aus dem Grunde einer Erörterung unterzogen, weil man bei der Beurtheilung der Brauchbarkeit verschiedener Sandsorten für die Zwecke der Filtration eine Anzahl Constanten nöthig haben wird, die sich meines Wissens nicht in

genügender Vollständigkeit in Lehrbüchern vorfinden. Zunächst bedürfen wir eines Massstabes für die Bewegungshindernisse, die das Wasser beim Hindurchsinken durch Sand- resp. Kiesschichten zu überwinden hat.

Es ist in der Praxis üblich, unter Geschwindigkeit des Filtrirens die Höhe der Wassersäule zu bezeichnen, welche durch ein Filterbett binnen einer Stunde versinkt. Stillschweigend wird dabei gleichmässige Geschwindigkeit vorausgesetzt. Da die versinkende Wassersäule im Sande nur das Porenvolumen ausfüllt, so erfährt sie dabei eine Verlängerung, deren Betrag um so grösser ausfällt, je mehr die freien Querschnitte abnehmen. Um also die Umsetzung der Geschwindigkeit im Sande zu bestimmen, muss man vorher das Porenvolumen kennen. Filtrirt man z. B. mit 100^{mm} stündlicher Geschwindigkeit und hat der zur Anwendung gebrachte Sand 25 Procent Porenvolumen, so bewegt sich das Wasser durch den Sand mit $4 . 100 = 400^{mm}$ stündlicher Geschwindigkeit.

Die theoretischen Untersuchungen über das Porenvolumnen haben für dasselbe bekanntlich nur zwei Grenzwerthe (26 Procent bei dichtester Lagerung und 47 Procent bei lockerster) feststellen können. Ausserdem setzen dieselben ein Material, bestehend aus durchaus gleichartigen kugeligen Elementen, voraus, wie es in der Natur nirgends vorkommt. Die Abweichungen von der Regelmässigkeit hinsichtlich Grösse und Gestalt der Körner sind sicherlich nach geologischem Ursprung und mineralischer Zusammensetzung der Sande sehr verschieden und machen, wo es sich um genauere Kenntniss des Porenvolumens handelt, in jedem speciellen Falle eine besondere Bestimmung desselben erforderlich. Für das in der Umgegend von Berlin zu Gebote stehende Material habe ich im Jahre 1884 eine Reihe solcher Bestimmungen ausgeführt, wobei ich mir eine Sandscala herstellte, deren verschiedene Glieder den in der Praxis üblichen Bezeichnungen: grob, scharf, fein und sehr fein entsprachen. Auch der Grand, der etwa mit feinem Kies auf gleiche Stufe zu stellen ist, wurde in die Untersuchung mit einbezogen.

Die mechanische Analyse wurde stets an einer grossen Anzahl von Proben vollzogen und daraus dann der Durchschnitt genommen. Die fünf Glieder der Scala hatten darnach folgende Zusammensetzung.

Nr. I. **Grand.**

100^{grm} enthielten:

3^{grm}	Gesteinsstaub und	(unter $^1/_{10}$ mm),
	sehr feinen Sand	($^1/_{10}$ bis $^1/_4$ „),
12 „	feinen Sand	($^1/_4$ bis $^1/_2$ „),
14 „	scharfen Sand	($^1/_2$ bis $^3/_4$ „),
41 „	groben Sand	($^3/_4$ bis 2 „),
30 „	Kies (über 2^{mm} bis erbsengross, excl. gröberer Geschiebe).	

Nr. II. **Grober Sand.**

100 grm enthielten:

13 grm	Gesteinsstaub und	(unter $^1/_{10}$ mm),
	sehr feinen Sand	($^1/_{10}$ bis $^1/_4$ „).
22 „	feinen Sand	($^1/_4$ bis $^1/_2$ „),
32 „	scharfen Sand	($^1/_2$ bis $^3/_4$ „),
33 „	groben Sand	($^3/_4$ bis 2 „).

(Vereinzelte Kiesstückchen wurden ausgeschlossen.)

Nr. III. **Scharfer Sand.**

100 grm enthielten:

3 grm	Gesteinsstaub	(unter $^1/_{10}$ mm),
22 „	sehr feinen Sand	($^1/_{10}$ bis $^1/_4$ „),
25 „	feinen Sand	($^1/_4$ bis $^1/_2$ „),
27 „	scharfen Sand	($^1/_2$ bis $^3/_4$ „),
23 „	groben Sand	($^3/_4$ bis 2 „),

Nr. IV. **Feiner Sand.**

100 grm enthielten:

6 grm	Gesteinsstaub	(unter $^1/_{10}$ mm),
23 „	sehr feinen Sand	($^1/_{10}$ bis $^1/_4$ „),
54 „	feinen Sand	($^1/_4$ bis $^1/_2$ „),
11 „	scharfen Sand	($^1/_2$ bis $^3/_4$ „),
6 „	groben Sand	($^3/_4$ bis 2 „).

Nr. V. **Sehr feiner Sand.**

100 grm enthielten:

16 grm	Gesteinsstaub	(unter $^1/_{10}$ mm),
64 „	sehr feinen Sand	($^1/_{10}$ bis $^1/_4$ „),
15 „	feinen Sand	($^1/_4$ bis $^1/_2$ „),
3 „	scharfen Sand	($^1/_2$ bis $^3/_4$ „),
2 „	groben Sand	($^3/_4$ bis 2 „).

Die Verschiedenartigkeit des Korns macht sich hiernach bei den grobkörnigen Varietäten viel stärker geltend als bei den feinkörnigen und letztere kommen der bei theoretischen Untersuchungen vorausgesetzten Regelmässigkeit viel näher als erstere. Daraus entspringen nicht unerhebliche Unterschiede des Porenvolumens. In der That wurden gefunden die Hohlräume

von Nr. I	Grand	= 24·9	Procent
„ „ II	grober Sand . .	= 31·4	„

von Nr. III scharfer Sand . . = 32·3 Procent
„ „ IV feiner Sand . . = 33·6 „
„ „ V sehr feiner Sand . = 34·0 „

Das Verhältniss der Hohlräume der fünf Normalsorten stellt sich beim Grand angefangen auf

$$1 : 1{\cdot}26 : 1{\cdot}29 : 1{\cdot}34 : 1{\cdot}37.$$

Der Grand, also gerade das grobkörnigste Material, hat das geringste Porenvolumen, etwa nur $^2/_3$ von dem des feinsten Sandes, während dieses bei den eigentlichen Sanden im Mittel 32·8 oder rot. 33 Procent beträgt.

Die Bestimmung der Hohlräume des Sandes erfolgte in der Weise, dass man die vollkommen getrockneten Proben unter fortwährendem Stauchen in einen Filtrirapparat von genau controlirtem Inhalte schüttete und darauf aus dem Filter durch einen äusserst langsam und ruhig aufsteigenden Wasserstrom die Luft von unten her verdrängte, ganz wie man im grossen Betriebe beim Anlassen eines Filters verfährt. Das zum Anlassen verbrauchte Wasser war leicht zu messen. Waren die eingefüllten Sande vollkommen trocken gewesen, so erhielt man bei gleichen Sorten sehr gut übereinstimmende Resultate, dagegen sehr von einander abweichende, wenn noch ein geringer Feuchtigkeitsgehalt zurückgeblieben war. An den feuchten Oberflächen der Sandkörner blieb alsdann Luft hängen, die einen Theil der Hohlräume besetzt hielt und erst nach längerer Zeit durch Absorption verschwand. — Wenn dieses wegen leichter Ausführbarkeit für häufige Wiederholung besonders geeignete Verfahren auch nicht streng wissenschaftlich erscheinen mag, so kann zu seiner Rechtfertigung an dieser Stelle im Voraus bemerkt werden, dass die daraus weiterhin gewonnenen Resultate mit den beim Grossbetrieb gesammelten Beobachtungen eine zufriedenstellende Uebereinstimmung zeigten.

Aus der Thatsache, dass das durchschnittliche Porenvolumen der in Frage kommenden Sande nahe an 33 Procent beträgt, folgt, dass die auf einem Filterbett versinkende Wassersäule beim Eindringen in den Sand im Allgemeinen eine Verdreifachung ihrer Geschwindigkeit erfährt. Wendet man pro Stunde (in oben bezeichnetem Sinne verstanden) Filtrirgeschwindigkeiten von 200, 100 oder 50 ^{mm} an, so erlangt das Wasser im Sande die resp. Geschwindigkeiten von 600, 300 oder 150 ^{mm}. Gewöhnlich hat die Sandschicht eines Kunstfilters die normale Dicke von 0·6 ^{m}, sie wird demnach bei den erwähnten Filtrirgeschwindigkeiten von Wasser in 1, 2 oder 4 Stunden durchflossen. Hat aber die Berührungsdauer des Wassers mit dem Sande eine Bedeutung für die Filtration, so erkennt man schon hieraus die Wichtigkeit der Verlangsamung dieses Processes.

Bei seiner Fortbewegung im Sande hat das Wasser gewisse Widerstände zu überwinden, die natürlich mit der Geschwindigkeit zunehmen. Für die Art der Zunahme gilt als charakteristisch, dass sich die Geschwindigkeiten, womit gleiche Wegstrecken zurückgelegt werden, proportional den Druckhöhen verhalten. Der analytische Ausdruck dieses zuerst von Darcy aufgestellten Gesetzes ist

$$v = k \, . \, \frac{H}{l},$$

wobei l die zurückgelegte Wegstrecke, H die zur Erzeugung und Erhaltung von v erforderliche Druckhöhe und k einen constanten Factor bedeutet. Der Quotient $\frac{H}{l}$ drückt die zur Zurücklegung eines Weges von 1^{m} Länge verbrauchte Druckhöhe aus; bezeichnet man ihn mit h, so kann man einfacher schreiben

$$v = k \, . \, h.$$

Hiernach genügt, um bei einer und derselben Sandsorte alle Bewegungserscheinungen zu überblicken, die Kenntniss des einen Coëfficienten k.

Es sei z. B. für den Sand Nr. II der Scala $k = 3 \cdot 3$ gefunden worden und also

$$v = 3 \cdot 3 \, h.$$

Daraus ergiebt sich für die stündlichen Geschwindigkeiten

$$v = 600 = 300 = 150^{\text{mm}},$$
$$h = 182 = 91 = 45 \cdot 5 \,\text{,,}$$

d. h. beim Durchdringen einer 1^{m} dicken Sandschicht der Sorte Nr. II der Scala mit einer stündlichen Geschwindigkeit von 150 bis 600^{mm} braucht das Wasser eine Pressungshöhe von 45 bis gegen 180^{mm}. Beträgt die Dicke der Schicht nicht 1^{m}, sondern nur einen aliquoten Theil davon, so wird auch nur der entsprechende Theil des für die Wegeinheit berechneten Druckes, also z. B. bei $0 \cdot 6^{m}$ Dicke der Schicht und bei Innehaltung derselben Geschwindigkeiten wie vorhin die Druckhöhe

$$0 \cdot 6 \times 45 = 27^{\text{mm}} \text{ bis } 0 \cdot 6 \times 182 = 109^{\text{mm}}$$

absorbirt. — Die Darcy'sche Formel drückt die Geschwindigkeit als ein Vielfaches der Druckhöhe aus. Derselbe Druck vermag natürlich um so weniger Geschwindigkeit zu erzeugen, je mehr die Bewegungshindernisse zunehmen. Diese aber wachsen mit der Gesammtoberfläche, welche die Körner einer Schicht zusammen bilden. Man hat also zu erwarten, dass die Coëfficienten k für feinkörnige Sande erheblich kleiner als für grobkörnige gefunden werden. Aus mannigfach wiederholten Bestimmungen gingen für die fünf Sande der Scala folgende Coëfficienten hervor:

für Grand . . . . $k = 8\cdot3$
„ groben Sand . . $k_{I} = 3\cdot3$
„ scharfen Sand . . $k_{II} = 2\cdot0$
„ feinen Sand . . $k_{III} = 0\cdot98$
„ sehr feinen Sand . $k_{IV} = 0\cdot37$.

Lassen wir den Grand vorläufig ausser Acht und vergleichen wir nur die eigentlichen Sande (Nr. II bis V der Scala) mit einander, so ist das Verhältniss der Coëfficienten k, denjenigen für groben Sand gleich Eins gesetzt, ungefähr das folgende:

$$1 : 0\cdot6 : 0\cdot3 : 0\cdot1$$

und dieses ist zugleich das Verhältniss der Geschwindigkeiten, welche bei gleicher Druckhöhe in den verschiedenen Sanden erzielt werden. Oder mit anderen Worten: soll durch gleich dicke Schichten der vier in Betracht gezogenen Sandsorten Wasser mit gleicher Geschwindigkeit hindurchfliessen, so ist das Verhältniss der absorbirten Drucke, denjenigen für groben Sand gleich Eins gesetzt:

$$1 : 1\cdot66 : 3\cdot33 : 10.$$

Die feinen und feinsten Sande absorbiren also das 3·3- bis 10 fache des Druckes, der für grobkörnige Varietäten ausreicht.

Zu gelegentlichem Gebrauche habe ich eine kleine Tabelle zusammengestellt. In Betreff derselben ist zu bemerken, dass bei der Umrechnung der Filtrationsgeschwindigkeit in die entsprechende Geschwindigkeit, mit der das Wasser den Sand durchläuft, die kleinen Unterschiede der Porenvolumina vernachlässigt und für letzteres der durchschnittliche Werth 0·33 in Ansatz gebracht wurde.

Filtrationsgeschwindigkeit	Geschwindigkeit des Wassers im Sande	h in Millimetern							
		für eine Schicht v. 1 m Dicke				für eine Schicht v. 0·6 m Dicke			
Millimeter pro Stunde	Millimeter pro Stunde	grober Sand	scharfer Sand	feiner Sand	sehr feiner Sand	grober Sand	scharfer Sand	feiner Sand	sehr feiner Sand
25	75	22·7	37·7	75·7	227·0	13·6	22·6	45·5	136·2
50	150	45·5	75·5	151·5	455·0	27·3	45·3	90·9	273·0
100	300	91·0	151·0	303·0	910·0	54·6	90·6	181·8	546·0
150	450	136·5	226·5	454·5	1370·0	81·9	135·9	272·7	822·0
200	600	182·0	302·1	612·0	1930·0	109·2	181·2	367·2	1158·0
250	750	227·5	377·6	780·0	2520·0	136·5	226·5	468·0	1512·0
300	900	273·0	453·1	950·0	3130·0	163·8	271·8	570·0	1878·0

Vorstehende Tabelle ist mit Rücksicht auf ihren Zweck nicht weiter geführt, als bis zu den Maximal-Geschwindigkeiten, die bei der Filtration

vorzukommen pflegen. Grössere Geschwindigkeiten kommen dagegen in Betracht bei der Aufsammlung von Grundwässern durch Brunnenanlagen. Nun sind aber gegen die strenge Gültigkeit des Darcy'schen Gesetzes mancherlei Zweifel erhoben worden. Für kleinere Geschwindigkeiten, die über die üblichen Grenzen bei der Filtration nicht hinausgehen, habe ich es im Allgemeinen bestätigt gefunden. Ob seine Anwendung indessen ohne Einschränkung erlaubt sei, bedurfte einer weiteren experimentellen Prüfung.

Ist das Darcy'sche Gesetz für alle Fälle gültig, so muss für jede Geschwindigkeit, gleichviel ob klein oder gross, das Verhältniss $\frac{v}{h} = k$ ein unveränderliches bleiben. Wenn man also die Geschwindigkeiten als Abscissen, die zugehörigen Drucke als Ordinaten aufträgt, so müssen die dadurch festgelegten Punkte eine gerade Linie bilden; ist es aber bis zu einer gewissen Grenze richtig, so muss dieselbe durch Ablenkung der Drucklinie von der Richtung der zuerst verfolgten Geraden kenntlich werden.

Auf Fig. 10 (s. S. 162 u. 163) sind die auf Grund vieler Bestimmungen erhaltenen Drucklinien zunächst bis zu einer Geschwindigkeitsgrenze von 2·5 ^{m} pro Stunde in dem grossen Massstab von 1 : 10 aufgetragen, wodurch es ermöglicht ist, für alle Geschwindigkeiten, die in das Intervall von 0 bis 2·5 ^{m} fallen, die zugehörigen Druckhöhen sehr genau angeben zu können. Fig. 11 bringt dieselben Druckcurven nochmals zur Darstellung, jetzt aber im Massstab von 1 : 100 und bis zur Geschwindigkeitsgrenze von 25 ^{m}. Bis dahin konnten indessen nur beim Grand die absorbirten Drucke direct festgestellt werden. Beim groben Sand machte es schon Schwierigkeiten, die Messungen bis 15 ^{m} Geschwindigkeit fortzusetzen und bei den feinen Sanden mussten sie viel früher abgebrochen werden. Bei letzteren blieb nichts weiter übrig, als die wahrscheinliche Fortsetzung der Druckcurven zu construiren. Insoweit dieses geschehen ist, sind dieselben in Fig. 11 punktirt gezeichnet.

Ueber die Ausführung der betreffenden Messungen ist nicht viel zu sagen nöthig; sie erfolgte unter Benützung eines genau ausgemessenen Filtrirgefässes, in welches eine Sandschicht von mehreren Hundert Millimetern Dicke eingefüllt wurde. Bei kleinen Geschwindigkeiten, zu deren Erzeugung geringe Drucke hinreichten, wurde die Schicht möglichst dick (gegen 800 ^{mm}) gewählt; bei grossen Geschwindigkeiten musste sie wegen des starken Anwachsens der Drucke mehr und mehr verringert werden. Mit Hülfe eines Ueberlaufes wurde im Filter ein constantes Niveau erhalten, indem man gleichzeitig den Zufluss so stellte, dass er mehr Wasser zuführte als aus dem Filter abfloss. Die Abflussstelle *a* konnte beliebig

tief unter das constant gehaltene Niveau *n* verlegt werden, dadurch dass man das Degenrohr *b* in die Scheide *c* tiefer hinabstiess oder aus derselben weiter herauszog. Diese Einrichtung hatte den Vortheil, dass man zur Regulirung der abfliessenden Wassermenge keinen Stellhahn brauchte und einen durchaus gleichmässigen, der Druckhöhe *h* genau entsprechenden Abfluss erzielte. Um die ganze Höhe des Filters ausbeuten zu können, waren an der Gefässwand drei solcher Degenrohre angebracht, deren Stopfbuchsen sich in verschiedenen Tiefen befanden. Selbstverständlich wurde zu den Versuchen nur vollkommen klares Wasser benutzt. Das in einer gewissen Zeit bei *a* ausfliessende Wasserquantum wurde gemessen, darauf unter genauer Berücksichtigung des Porenvolumens die Geschwindigkeit des Wassers im Sande und der bei *a* eingemessene Druck *h* für eine Schicht von 1^{m} Dicke berechnet.

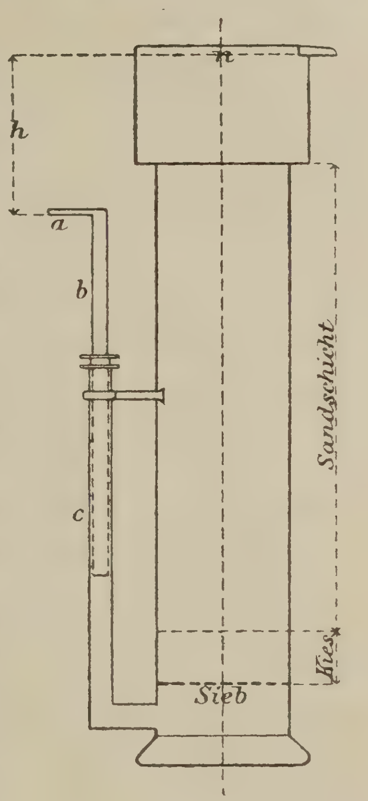


Fig. 1.

Werfen wir nun einen Blick auf die in den Figg. 10 und 11 dargestellten Curven, wobei wir nochmals daran erinnern wollen, dass die Ordinaten y den Druck angeben, welcher erforderlich ist, um das Wasser eine Wegstrecke von 1^{m} Länge mit einer effectiven stündlichen Geschwindigkeit, gleich der Abscisse x, in dem betreffenden Sande vorwärts zu treiben. Wir sehen, dass sämmtliche Druckcurven als gerade Linien vom Anfangspunkt des Coordinatensystems ausgehen, aber von der Richtung der zuerst verfolgten Geraden (welche in Fig. 10 punktirt fortgesetzt sind) früher oder später anfangen abzuweichen. Bis zu dem Punkte, wo dieses stattfindet, bleibt das Verhältniss zwischen Druck und Geschwindigkeit constant und das Darcy'sche Gesetz streng gültig. Während jedoch für Nr. V der Scala (sehr feinen Sand) die Exactheit dieses Gesetzes schon bei einer stündlichen Geschwindigkeit von $0{\cdot}25^{m}$ aufhört, bleibt sie für Nr. I (Grand) bis zu mindestens 10 fach grösserer Geschwindigkeit bestehen. Die dazwischen liegenden Nummern verhalten sich ihrer Reihenfolge entsprechend. Ferner die Ablenkung von der ursprünglichen Geraden und zwar durchweg in einem das Verhältniss der Ordinate zur Abscisse vergrössernden Sinne tritt bei den auf die feinen Sande bezüglichen Druckcurven IV und V nicht nur viel früher, sondern auch viel stärker ein als bei den Curven Nr. I und II, welche sich auf grobkörnige Sande beziehen. Bei letzteren findet eine so langsame Ver-

änderung in dem ursprünglichen Verhältniss zwischen Druck und Geschwindigkeit statt, dass man dieselbe noch bis zu einer weit hinausgeschobenen Grenze vernachlässigen und das Darcy'sche Gesetz auch für grössere Geschwindigkeiten noch als annähernd gültig hinstellen darf. Hingegen bei den feinen Sanden Nr. IV und V der Scala erlischt auch die annähernde Gültigkeit dieses Gesetzes fast ebenso schnell wie die exacte. Es folgt daraus, dass für zunehmende Geschwindigkeiten die Bewegungshindernisse in den feinen Sanden viel schneller und intensiver wachsen als in den grobkörnigen Varietäten, und dass sich das gegenseitige Verhältniss immer mehr zu Ungunsten der feinen Sande gestaltet.

Etwas gemildert werden diese Unterschiede hinsichtlich der Befähigung zur Wasserführung durch die Verschiedenartigkeit des Porenvolumens. Beim Kunstfilter, das in der Regel nur eine Sorte Sand in verhältnissmässig geringer Schichtung enthält, haben wir dafür einen Mittelwerth angenommen; beim Naturfilter jedoch, wenn wir darunter den ganzen Complex verschiedenartiger wasserführender Schichten verstehen, die zusammen eine Brunnenanlage speisen und in denen das Wasser lange Wege zurückzulegen hat, müssen wir die Eigenartigkeit der einzelnen Schichtenglieder gebührend berücksichtigen. Von Wichtigkeit kann es in diesem Falle sein, diejenigen Wassermengen mit einander zu vergleichen, welche bei demselben Drucke von verschiedenartig zusammengesetzten Sandschichten gleicher Dimensionen in derselben Zeit hindurchgelassen werden.

Wäre das Porenvolumen nicht verschieden, so ständen die fraglichen Wasserquantitäten einfach in dem Verhältniss der durch den gegebenen Druck erzielbaren Geschwindigkeiten, das in jedem concreten Falle aus den Figg. 10 oder 11 entnommen werden kann. Setzen wir beispielsweise einen Druck von $0{\cdot}25^{m}$ voraus und bezeichnen wir die durch denselben im feinsten Sande (Nr. V) erzeugte Geschwindigkeit mit v, so ergiebt sich aus der Messung der zu der gemeinschaftlichen Ordinate $y = 0{\cdot}25^{m}$ gehörigen Abscissen folgende Abstufung der resp. Geschwindigkeiten in den fünf Sanden der Scala

I	II	III	IV	V
$22{\cdot}8\ v$	$9\ v$	$5{\cdot}3\ v$	$2{\cdot}7\ v$	v

Wie erinnerlich, stand das Porenvolumen der fünf Normalsande, beim Grand angefangen in dem Verhältniss

$$1 : 1{\cdot}26 : : 1{\cdot}29 : 1{\cdot}34 : 1{\cdot}37.$$

Es ist gleichzeitig der Massstab für die freien Querschnitte, die das Wasser in den verschiedenen Materialien antrifft. Ist dieser freie Querschnitt beim Grand gleich f, so beträgt er für die übrigen Sande

I	II	III	IV	V
f	$1{\cdot}26 f$	$1{\cdot}29 f$	$1{\cdot}34 f$	$1{\cdot}37 f$.

Die bei einem Drucke von $0{\cdot}25^{m}$ binnen einer Stunde durch gleiche Schichten hindurchgelassenen Wassermengen sind also

I	II	III	IV	V
$22{\cdot}8\, vf$	$9 \times 1{\cdot}26\, vf$	$5{\cdot}5 \times 1{\cdot}29\, vf$	$2{\cdot}7 \times 1{\cdot}34\, vf$	$1{\cdot}37\, vf$

und ihr Verhältniss zu einander ist:

$$16{\cdot}6 : 8{\cdot}3 : 5{\cdot}2 : 2{\cdot}6 : 1,$$

was bedeutend geringere Unterschiede zu erkennen giebt als die Abstufung der Geschwindigkeiten. Es empfiehlt sich als eine sehr bequeme Abkürzung der Ausdrucksweise schlechthin diejenigen Wassermengen, welche bei demselben Drucke durch Schichten gleichen Querschnittes und gleicher Länge, aber bestehend aus verschiedenen Sandsorten, während derselben Zeit hindurchfliessen, als die Durchlässigkeiten dieser Sande zu bezeichnen.

In derselben Weise wie es eben für die Druckhöhe $h = 0{\cdot}25^{m}$ geschehen, können für alle anderen Drucke die Durchlässigkeiten berechnet werden. Bei der graphischen Darstellung der Resultate gelangt man zu einem neuen System von Curven, welches unter der Bezeichnung Durchlässigkeitscurven neben die betreffenden Druckcurven auf Fig. 11 eingetragen ist. Die Abscissen x sind die Durchlässigkeiten, die Ordinaten y die treibenden Drucke. Die zu derselben Ordinate y_{I} gehörigen Abscissen x_{I} x_{II} . . drücken relativ die Durchlässigkeiten der verschiedenen Sande und absolut die Anzahl Cubikcentimeter Wasser aus, die von einer Schicht von 1^{qm} Querschnitt und 1^{m} Höhe (oder Länge) bei einem gewissen in Metern gemessenen Drucke binnen einer Stunde hindurchdringen, wobei man mit f, dem Porenvolumen von Nr. I, zu multipliciren hat. Obgleich sich das Verhältniss der Durchlässigkeiten der feinen Sande gegenüber den groben viel günstiger stellt, als dasjenige der durch gleiche Drucke erzeugten Geschwindigkeiten, so behauptet dennoch auch unter diesem Gesichtspunkte, der Grand das entschiedenste Uebergewicht über jedes andere Material.

Das Verhältniss der Durchlässigkeiten ist ebenso wenig wie das der Geschwindigkeiten ein constantes, sondern ändert sich mit zunehmendem Drucke mehr und mehr zu Gunsten des Grandes. Dasselbe ist:

	I	II	III	IV	V
bei einem Drucke von $0{\cdot}25^{m}$	16·6 :	8·0 :	5·2 :	2·6 :	1,
„ „ „ „ $0{\cdot}50^{m}$	16·9 :	8·1 :	5·2 :	2·6 :	1,
„ „ „ „ $1{\cdot}00^{m}$	16·9 :	8·3 :	5·4 :	2·6 :	1,
„ „ „ „ $2{\cdot}00^{m}$	17·4 :	8·7 :	5·6 :	2·6 :	1,

	I	II	III	IV	V
bei einem Drucke von 3·00 m	18·0 :	9·2 :	6·1 :	2·6 :	1,
„ „ „ „ 4·00 m	18·1 :	9·5 :	6·5 :	2·7 :	1,
„ „ „ „ 5·00 m	18·5 :	9·8 :	6·7 :	2.75 :	1,
„ „ „ „ 6·00 m	18·8 :	10·1 :	6·9 :	2·76 :	1.

Neben der Korngrösse bringt die mineralische Zusammensetzung eine beachtenswerthe Mannigfaltigkeit der Sande hervor. Im Ganzen lässt sich jedoch über diesen Punkt wenig sagen, da die hierüber angestellten Untersuchungen meist direct die chemischen Bestandtheile in's Auge fassten, ohne vorher die Mineralelemente zu scheiden. Das ist aber gerade deshalb von Wichtigkeit, weil aus der Mineralanalyse allein geschlossen werden kann, ob und in wie weit das Wasser und die Gesteinsmaterialien wechselseitig auf einander einzuwirken im Stande sind.

Ueber Diluvialsande aus dem Bereiche des norddeutschen Diluviums findet man einige Angaben der gewünschten Art in den Erläuterungen zur geologischen Specialkarte von Preussen. Darnach ist für die märkischen Sande ausser einer geringfügigen Beimischung von kohlensaurem Kalke besonders charakteristisch das massenhafte Vorkommen von Silikaten. Vielfach schon ohne Hülfe einer Lupe erkennt man neben vorwiegendem Quarz schwärzliche Glimmer- und Hornblendepartikelchen und namentlich röthlichem Feldspath, wovon diese Sande bekanntlich auch den Namen Spathsande tragen. Das Mischungsverhältniss dieser Mineralien war bei einem typischen Spathsande aus der Gegend von Cremmen folgendes:

Quarz	Kohlensaurer Kalk	Feldspath und etwaige andere Silikate	Summe
81·0	2·3	16·7	100

Grosse Unterschiede pflegen bei den Diluvialsanden Norddeutschlands nicht vorzukommen, und da ausserdem in ihrer Entstehungsweise eine gewisse Gleichartigkeit ihrer Zusammensetzung begründet ist, so mag diese eine analytische Bestimmung für viele dienen.

Wir ersehen aus ihr, dass die dem Hauptbestandtheil der Sande des norddeutschen Diluviums, dem Quarz, beigemischten Mineralien zweierlei Art sind: entweder solche, die vom Wasser direct, resp. unter Beihülfe von Kohlensäure, gelöst werden, wie die kohlensauren Kalke und äquivalenten Magnesiaverbindungen, oder solche, die, bevor sie aufgelöst werden können, erst der vorbereitenden Einwirkung der Verwitterung bedürfen, wozu insbesondere die aus der Zertrümmerung plutonischer Gesteine herrührenden Silikate gehören.

Diluvium und Alluvium, oder allgemeiner bezeichnet, die Quartärbildungen sind fast aller Orten die von Natur angelegten Depotplätze, aus denen wir unsere Filtrirmaterialien entnehmen, oder aus denen wir die darin circulirenden Wässer schöpfen. Ihr petrographischer Charakter muss selbstverständlich mit demjenigen der contribuirenden Gebirgsstöcke wechseln und wird z. B. beim Glacialschotter im Abschwemmungsgebiet der Alpen ein anderer sein als beim Grand des norddeutschen Diluviums, dessen zusammensetzende Materialien von nordischen Gletschern herbeigeschafft wurden. Ausser Quarz und anderen indifferenten Gesteinsfragmenten können sie aber Bestandtheile, die sich dem Wasser gegenüber anders verhalten als die in obigem Beispiele unterschiedenen beiden Arten, nicht enthalten, und deshalb ist es wohl gerechtfertigt, einige allgemeine Betrachtungen daran zu knüpfen.

Der Aufnahme von Kohlensäure sind vorzugsweise die Grundwässer ausgesetzt, da sie im Boden vielfach mit Kohlensäurequellen in Berührung kommen. Die zur künstlichen Filtration gewöhnlich verwendeten Flusswässer dagegen enthalten in der Regel sehr wenig freie Kohlensäure und sind daher ein chemisch äusserst schwaches Reagens. Die Verwitterung ferner vollzieht sich im Boden nur in Zonen, wo gleichzeitig Luft und Feuchtigkeit vorhanden sind oder doch wenigstens mit einander wechseln. Aus beiden Thatsachen ergiebt sich ein nicht unwesentlicher Unterschied zwischen Kunst- und Naturfiltern. Die beständig unter Wasser stehenden, dem Froste nie ausgesetzten Sandschichten eines Kunstfilters unterliegen der Veränderung durch Auslaugung und Verwitterung in viel geringerem Grade als die weit ausgebreiteten natürlichen Sandlager, in denen sich Grundwasser ansammelt und fortbewegt. Und umgekehrt: die Veränderungen, denen das Wasser durch Zufuhr von Mineralsubstanzen ausgesetzt ist, sind bei den Kunstfiltern verschwindend gering im Vergleich zu denjenigen, die es in Naturfiltern unter Umständen erleidet. Allerdings ist die Zeit, die zum Vollzug der Veränderungen gegeben ist, sehr verschieden. Im Kunstfilter versinkt das Wasser durch die verhältnissmässig dünne Sandschicht in wenigen Stunden, im Boden jedoch bleibt es mit dem Filtermaterial fast unberechenbar lange in Berührung, und was den hydrochemischen Processen an augenblicklicher Energie ermangelt, das wird durch die Zeit reichlich aufgewogen.

Während demnach für die künstliche Filtration ein der unmittelbaren Löslichkeit nicht unterworfenes Material vollkommen hinreicht, ist bei der natürlichen die Lokalfacies der Gesteine von massgebender Bedeutung und nöthigt den Hydrologen zur gründlichsten geognostischen Prüfung. Den besten Beweis dafür liefert das Diluvium selbst. Dieselben Diluvialsande, die sich in den Berliner Filteranlagen vorzüglich bewähren, machen das

Grundwasser eisenhaltig und für die Zwecke der Wasserversorgung meist unbrauchbar. Aus der Mineralanalyse dieser Sande wissen wir bereits, dass sie einen hohen Procentsatz von Silikaten enthalten, in denen das Eisen entweder als färbende Substanz wie im Feldspath oder als constitutioneller Bestandtheil wie in der Hornblende auftritt, und aus der Vergleichung zahlreicher chemischer Analysen wurde ermittelt, dass der Eisengehalt der Diluvialsande, wenn man der Berechnung die Oxydform zu Grunde legt, zwischen 0·5 und 1 Procent zu schwanken pflegt, also in der That nicht unbedeutend ist. Auf die verschiedenen Umstände, die der Auflösung des Eisens neben der Verwitterung Vorschub leisten, ist hier nicht der Ort näher einzugehen.

Noch nach einer dritten Richtung haben wir den Sand zu betrachten, nämlich in seiner Eigenschaft als Tragegerüst für Bacterien. Untersucht man eine Sandschicht, welche schon längere Zeit zum Filtriren gedient hat, so findet man, dass sich in allen ihren Theilen zahlreiche Mikroorganismen angesiedelt haben (allem Anschein nach dieselben, welche in

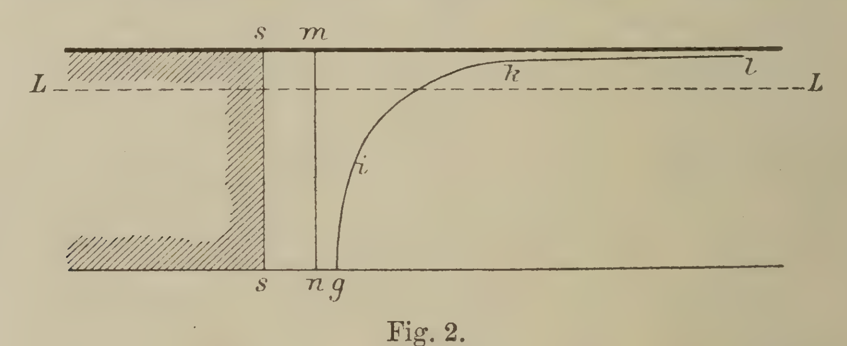


Fig. 2.

dem der Filtration unterworfen gewesenen Wasser vorzukommen pflegen). Die Dichtigkeit der Ansiedelungen ist in den oberen Partien sehr gross und nimmt nach unten hin rasch ab. Der Grad der Abnahme, wie er sich bei einer darauf bezüglichen Untersuchung darstellte, ist durch obenstehendes Diagramm veranschaulicht, wobei die wagerechte Sandschicht vertical durchschnitten gedacht ist und auf der Schnittlinie *s s* die in den aufeinanderfolgenden Tiefen gefundenen Mengen als Ordinaten aufgetragen sind. Die Curve *g i k l* stellte also den Zustand dar, den die Sandschicht nach langem Gebrauch angenommen hatte; zur Zeit als sie in frischem Zustande in das Filter eingefüllt worden war, enthielt sie in allen ihren Theilen gleich viel Bacterien, und zwar nicht mehr, als die gerade Linie *m n* anzeigt. Aus den Abweichungen der Curve *g i k l* von der geraden Linie *m n* ergeben sich die in den einzelnen Zonen mit der Zeit eingetretenen Zustandsänderungen. Man erkennt, dass diese in der Nähe der Oberfläche sehr gross, an der unteren Grenzfläche dagegen ziemlich unbedeutend gewesen sind.

Als ich anfing, die Methoden der bacteriologischen Forschung auf den Filterbetrieb anzuwenden, war ich in der Meinung befangen, dass ein gänzlich bacterienfreier Sand das vollkommenste Filtrirmaterial sein müsse und war begierig, kennen zu lernen, was sich damit erreichen liesse. In dieser Absicht wurde ein Posten Filtersand über einem Feuer auf 200° erhitzt, darauf mit ausgekochtem Wasser ausgespült und in kleine Probirfilter gefüllt, deren innere Wandungen vorher mit Sublimatlösung abgewaschen worden waren. Zum Ueberfluss wurde darauf noch das Filter mit dünner Sublimatlösung gefüllt und diese 24 Stunden lang darin stehen gelassen. Nach solchen Vorsichtsmassregeln war es ganz unmöglich, dass sich im Sande entwickelungsfähige Keime hätten erhalten können.

Die Ergebnisse der sehr langsam und vorsichtig gehandhabten Filtration waren verblüffend und den Erwartungen direct entgegengesetzt. Statt einer Verminderung trat eine ausserordentliche Vermehrung der Mikroorganismen ein, die erst nach einer längeren Reihe von Tagen ein wenig wieder nachliess. Hatte der Druck, der auf das Filter wirken musste, um eine Filtrirgeschwindigkeit von $0 \cdot 1^{m}$ zu unterhalten, die Grösse von $0 \cdot 8^{m}$ erreicht, so wurde die Filtration unterbrochen und der an der Sandoberfläche angesammelte Schmutz entfernt. Bei Wiederingangsetzung des Filters wiederholten sich dieselben Erscheinungen, indessen schon minder auffällig als in der ersten Periode. Die dritte und vierte Periode lieferten ebenfalls noch gänzlich unbrauchbares Wasser und erst bei Schluss der fünften Periode fing das Filter an leidlich zu arbeiten, aber es verging lange Zeit, ehe es sich mit einem alten Filter messen konnte. Wer über diese Beobachtungen genauere Angaben wünscht, findet sie im Anhang zu diesem Abschnitt. (Versuch I.)

Charakteristisch für das mit sterilem Sande erzielte Filtrat war ausser der grossen Anzahl von Mikroorganismen noch die etwas mangelhafte Klarheit. In Schauröhren von 800^{mm} Höhe war es im Vergleich zu gut filtrirtem Leitungswasser stumpf und hatte die ursprünglich stark bräunliche Färbung des Spreewassers fast unverändert beibehalten. Der zu den ersten Versuchen verwendete Sand war ein ziemlich grobkörniger gewesen, etwa entsprechend der Sorte Nr. II der Scala. Es hätte nun sein können, dass feiner Sand in sterilem Zustande vielleicht weniger Unvollkommenes geleistet hätte. Um eine solche Lückenhaftigkeit der Versuche zu vermeiden, wurden auch die feinen und feinsten Sande derselben Prüfung unterzogen. Das Resultat blieb im Ganzen dasselbe. Die sterilen feinkörnigen Sande brauchten ebenso wie die grobkörnigen Monate, bevor sie ein bei bacterioskopischer Prüfung annähernd befriedigendes Filtrat lieferten. Beläge dafür befinden sich ebenfalls an der angegebenen Stelle.

Mit der Besserung, die in dieser Beziehung allmählich eintrat, ging ersichtlich Hand in Hand eine stetige Vervollkommnung der chemischen Reinigung des Wassers. Während dasselbe Anfangs fast unverändert den sterilen Sand verliess, wurde später mehr und mehr eine Abnahme der Oxydirbarkeit bemerkbar. Es dauerte jedoch ziemlich lange, ehe das sterile Filter dem Wirkungsgrade eines reifen näher kam. Auch darüber enthält der Anhang viele specielle Angaben. Zwecks grösserer Uebersichtlichkeit stelle ich hier einige davon zusammen.

Art des untersuchten Wassers	Oxydirbarkeit (verbr. Theile $KMnO_4$ pro Liter)				
	22./12.	23./12.	28./12.	5./1.	15./1.
Unfiltrirtes Spreewasser	23·0	22·6	22·9	21·3	26·3
Wasser aus einem sterilen Filter	24·0	22·8	22·0	18·9	23·2
Wasser aus einem reifen Filter	19·0	19·4	19·0	17·5	20·4
	7./10.	10./10.	17./10.	30./10.	13./11.
Unfiltrirtes Spreewasser	31·0	25·2	24·5	25·3	30·9
Berliner Leitungswasser	22·3	19·4	20·2	19·9	22·3
Wasser aus einem sterilen Filter nach zwei Monaten Betriebszeit	28·9	23·8	22·5	22·1	26·2

Dass die Oxydirbarkeit als Massstab für die chemische Reaction des Filters gewählt wurde, war in der Natur des Spreewassers begründet. Dasselbe enthält zu allen Jahreszeiten gewisse organische Substanzen in solcher Menge, dass unter allen Umständen nach der Filtration ein deutlich bestimmbarer Rest übrig bleibt, an dem man die Wirkung dieses Processes ermessen kann. Ausserdem ist eine solche Bestimmung auch umfassender als diejenige von Ammoniak und Salpetersäure. Vielleicht ist es nicht ganz überflüssig anzuführen, dass die Proben mindestens 10 Minuten lang im Kochen erhalten wurden, und dass die mitgetheilten Zahlen immer der Durchschnitt von 2 bis 3 unter einander kaum abweichenden Bestimmungen sind.

Nachdem sich bei dem sterilen Filter (siehe Versuch I) die Anzeichen einer erwachenden chemischen Reaction gemehrt hatten, wurde dasselbe angehalten und auf seinen Zustand untersucht. Man fand die ganze, fast $1{\cdot}5^m$ dicke Sandschicht bis unten hin von zahlreichen Bacterien besetzt, indessen noch lange nicht in dem Maasse wie bei einem schon längere Zeit betriebenen Filter.

Der vom Wasser mitgeführte Sauerstoff unterlag in allen Filtern der Absorption, zuerst sehr reichlich, nach und nach weniger. In dieser Hinsicht machten auch die sterilen Filter keine Ausnahme (vgl. Versuche

II bis VII des Anhangs.) Da aber in den sterilen Filtern, wie wir gesehen haben, trotz starker Sauerstoff-Absorption nicht eher eine Verminderung der organischen Substanzen stattfand, als bis sich zahlreiche Mikroorganismen eingenistet hatten, so folgt, dass während der kurzen Zeit, die für den Filtrationsprocess gegeben zu sein pflegt, der Sauerstoff direct fast gar nicht auf das Wasser einwirkt, und wenn überhaupt, höchstens durch Vermittelung der Bacterien eine Verwerthung findet. Die chemische Activität eines Filters beruht demnach auf seinem Bacteriengehalt. Ist aber die Anzahl der angesammelten Mikroorganismen das Entscheidende, so wird voraussichtlich die am stärksten davon erfüllte Schicht unter sonst gleichen Umständen auch den grössten Effect hervorbringen. In Wahrheit hat das Filter Nr. VIII, dessen Füllung aus Sand bestand, der aus einem grossen Filterbassin entnommen und schon stark von Bacterien durchsetzt war, die übrigen Filter an Energie übertroffen, obgleich die Sandschicht nicht die stärkste von allen war.

Fassen wir als die Aufgabe der Filtration nicht schlechthin eine das Auge befriedigende Klärung auf, sondern zugleich eine Veredlung des Wassers im chemischen und bacteriologischen Sinne, so weist die Gesammtheit der an sterilen Sanden gemachten Beobachtungen darauf hin, dass der Sand allein dazu nicht ausreicht, sondern dass wir uns dabei derselben unscheinbaren Lebewesen zu bedienen haben, mit deren Hülfe in der Natur die Zersetzung der verschiedenartigsten organischen Substanzen vollzogen wird. Der Sand kommt nur soweit in Frage, als er eine vortreffliche Herberge für Bacterien abgiebt und ihnen einen festen Halt gewährt, so dass sie an derselben Stelle ihr Werk fortbetreiben können. Obschon sie sich von selbst und ohne unser Zuthun einfinden, ist es doch nicht unwichtig, sich ihrer Gegenwart klar bewusst zu sein, damit wir die Vorgänge so reguliren, dass das Gute, was ihnen entspringt, nicht durch Uebermaass oder durch unsere eigene Ungeschicklichkeit wieder zu Schanden werde. Wir haben daher weiter zu untersuchen, welche Vertheilung der Mikroorganismen die zweckmässigste ist, welche Abmessung und Beschaffenheit ihr Gerüst, die Sandschicht, haben muss, und unter welchen Bedingungen und in welchen Grenzen von der Filtration befriedigende Resultate in dem oben ausgesprochenen erweiterten Sinne erwartet werden dürfen.

Ueber den ersten Punkt giebt wieder hinreichenden Aufschluss dieselbe Versuchsreihe, auf deren Ergebnisse wir uns schon mehrfach gestützt haben. Wir sahen bereits, dass steriler Sand die Bacterien nicht aufzuhalten vermag; nichts war nach dieser Beobachtung natürlicher als ein Mal recht bacterienreichen Sand auf die Probe zu stellen. Das Filter Nr. VIII, von dem schon oben die Rede gewesen, enthielt eine $0 \cdot 6^{m}$ dicke

Schicht solchen Sandes. Derselbe reagirte, wie gezeigt worden ist, chemisch am kräftigsten auf das Wasser, aber nach der Anzahl der entwickelungsfähigen Keime beurtheilt, war das Filtrat fast ebenso schlecht wie dasjenige des sterilen Sandes. Im ersten Falle wurde das Wasser durch ein Manco, im zweiten offenbar durch einen Ueberschuss von Bacterien verdorben. Es ist daraus zu schliessen, dass Sandschichten, die in ihrer ganzen Höhe übermässig stark von Bacterien erfüllt sind, den Zweck der künstlichen Filtration verfehlen. — Der sterile Sand wird ohne Zweifel von den Bacterien mit Leichtigkeit durchwandert; ihr massenhaftes Auftreten im entgegengesetzten Falle aber ist nur unter der Annahme erklärlich, dass sie aus dem bacterienreichen Sande an der unteren Grenze, wo er dem Kies auflagert, durch den Wasserstrom herausgespült wurden. Ist diese Annahme richtig, dann muss die Filtration am besten verlaufen, wenn in den oberen Partien des Sandes viel, in den unteren dagegen wenig Bacterien, nicht mehr, als der Sand bei mässigen Wassergeschwindigkeiten festhalten kann, enthalten sind. Das haben die Versuche vollkommen bestätigt. Filter, die auf diese Weise zugestellt waren, unterlagen minder grossen Schwankungen und lieferten in der Regel schon nach kurzer Zeit brauchbares Wasser. (Siehe Versuch VII.)

Der Zustand, der sich in einem grossen Filterbassin nach längerer Betriebsdauer herstellt, ist ein ganz ähnlicher und wurde bereits S. 128 durch ein Diagramm veranschaulicht. Nicht in jedem einzelnen Falle wurde eine im Bilde so gesetzmässig erscheinende Abnahme in der Vertheilung der Bacterien gefunden, immer aber die allmähliche Abstufung nach unten hin und die grosse Differenz zwischen der oberen und unteren Grenzfläche des Sandes. Wir können diesen Zustand als den normalen bezeichnen und haben gleich bei Erstellung einer Filteranlage für sein künftiges Zustandekommen zu sorgen, indem wir mindestens für die untere Hälfte der Sandschicht sorgfältig gereinigtes Material verwenden. Ebenso hat fernerhin der Betrieb auf Erhaltung der Reinheit des Sandes in der unteren Zone Bedacht zu nehmen.

Die während des Filtrirens auf der Oberfläche der Sandschicht sich ansammelnde Schmutzdecke, welche im Diagramm durch einen verdickten schwarzen Strich angedeutet ist, ist der Hauptsitz der Bacterien. Wird sie beim Reinigen des Filters nebst dem unmittelbar darunter folgenden, dem Auge verschmutzt erscheinenden Sande entfernt, so ändert sich die Situation augenblicklich in einer für das Filter durchaus unvortheilhaften Weise. Denken wir uns den Sand bis zur Parallelen LL hinweggenommen, so kommen damit gerade die am stärksten verdichteten Partien in Wegfall, denen wir oben eine besondere Wichtigkeit zugeschrieben haben. Bevor nicht die Verdichtung der obersten Zone annähernd wiederhergestellt

ist, muss daher die Leistung des Filters etwas mangelhaft sein. Das beweisen in der That die Ergebnisse der bacteriologischen Prüfung nach jeder Filterreinigung; es vergehen immer mehrere Tage, ehe die Nachwirkungen ganz vorüber sind, und sie verlieren sich um so später, je weiter noch die Sandschicht von dem sogenannten „reifen“ Zustand entfernt ist.

Da die im Sande angesammelten Bacterien ohne Zweifel um so kräftiger auf das Wasser reagiren, je länger dasselbe im Sande verweilt, so ist die Zeit, die auf das Filtriren verwendet wird, nicht gleichgültig. Sie hängt ab sowohl von der Filtrationsgeschwindigkeit wie von der Länge des zurückzulegenden Weges und lässt sich also verlängern, entweder durch Verzögerung der Geschwindigkeit oder durch Verdickung der Sandschicht. Wir haben den Einfluss beider Factoren getrennt zu untersuchen, um zu erkennen, welches der richtige Weg ist.

Alle Erfahrungen, die beim Filterbetriebe gemacht worden sind, weisen darauf hin, dass mit abnehmender Geschwindigkeit die Leistung eines und desselben Filters immer besser zu werden pflegt und zwar nicht allein was die mechanische Reinigung des Wassers anbetrifft, sondern auch in jeder anderen Hinsicht. Aber während vielleicht der eine Effect schon bei mässiger Verlangsamung der Geschwindigkeit einen befriedigenden Grad erreicht, kann der andere noch hinter unseren Wünschen zurückbleiben und eine abermalige Verzögerung erheischen. Wenn wir dabei beharren, auf diesem Wege alle Unzulänglichkeiten beseitigen zu wollen, so werden wir, falls es überhaupt erreichbar ist, in den meisten Fällen bei so langsamen Geschwindigkeiten anlangen, wie sie mit der Nothwendigkeit eine, pro Flächeneinheit auch im besten Falle ziemlich theure Anlage gebührend auszubeuten, unvereinbar sind. Als ökonomisch gebotene Geschwindigkeitsgrenze, die man nicht ohne zwingende Gründe unterschreiten wird, gilt heutigen Tages die Filtrationsgeschwindigkeit von 100 ^{mm} pro Stunde. Aeltere Anlagen arbeiteten meist mit der doppelten, ja noch grösserer Geschwindigkeit. Soweit hat man also bereits der Nothwendigkeit der Verlangsamung nachgegeben, aber es fragt sich jetzt, ob diese Concessionen in allen Fällen wirklich schon als ausreichend zu erachten sind. Im Vordergrunde der Berücksichtigung steht für uns natürlich das hygienische Interesse.

Der künstlichen Filtration werden wohl ausnahmslos Oberflächenwässer und unter diesen vorwiegend Flusswässer unterworfen. In Erwägung des Umstandes, dass solche Wässer der Verunreinigung durch Infectionsstoffe mehr oder weniger ausgesetzt sind, erblicken die Hygieniker einen absoluten Schutz gegen daraus entspringende Gefahren für die Gesundheit nur in der vollständigen Unterdrückung der Mikroorganismen

und ihrer Keime überhaupt. Es ist nicht meine Sache, zu prüfen, ob diese Forderung zu weit geht oder nicht. Dass sie aber berechtigt ist, hat unwiderleglich die Statistik bewiesen; denn die verallgemeinerte Anwendung der Filtration, d. h. doch wohl die Entfernung der Mikrophyten aus dem Wasser, hat nachweislich an vielen Orten eine Hebung der sanitären Zustände herbeigeführt. Und wer sich viel mit Wasseruntersuchungen beschäftigt, dem sind vielleicht selbst schon ungewöhnliche Vorkommnisse begegnet. So traf ich z. B. ein Mal im unfiltrirten Spreewasser einen Micrococcus prodigiosus an. Mag immerhin der Praxis das von den Hygienikern gesteckte Ziel vorläufig nicht ganz erreichbar erscheinen, die Pflicht, nach Möglichkeit darnach zu streben, hat sie offenbar.

Hat ein Filter so lange gearbeitet, bis es bei dem zu Gebote stehenden Maximaldruck versagt, d. h. nicht mehr das vorgeschriebene Wasserquantum liefert, so findet man bei der Reinigung unter der Schmutzdecke, die sich gleichförmig über die Oberfläche ausbreitet, den Sand um so tiefer von Schmutzpartikelchen durchdrungen, je schneller filtrirt wurde. Es geht hieraus hervor, dass grosse Filtrationsgeschwindigkeiten den suspendirten Stoffen das Anschmiegen und Anheften an die Sandkörner sehr erschweren und die Adhäsion stark beeinträchtigen. Als die unmittelbare Ursache davon haben wir indessen nicht die Erhöhung der Geschwindigkeit als vielmehr die damit verbundene Steigerung des Druckes zu betrachten, und wie schnell der letztere zunimmt, das lehrt das Darcy'sche Gesetz. Ueber die unmittelbare Grösse dieser Drucke unterrichtete uns bereits die kleine Tabelle S. 121. Wir sehen z. B. aus derselben, dass beim Durchsinken des Wassers durch eine $0 \cdot 6^{m}$ dicke Schicht groben Sandes (Nr. II der Scala) unter Anwendung einer Filtrirgeschwindigkeit von 50^{mm} pro Stunde ein hydrostatischer Druck $27 \cdot 3^{mm}$ verbraucht wird, dass aber erst der vierfache Druck (nämlich 109^{mm}) genügt, wenn wir die Filtrationsgeschwindigkeit auf 200^{mm} pro Stunde steigern. Der um so Bedeutendes erhöhte Druck vermag natürlich leichter als der schwache Hemmnisse, die sich in den Canälchen des Sandes bilden, aus dem Wege zu räumen, und so werden von ihm feine Körperchen auch tiefer in den Sand hineingetrieben, bevor es den meisten derselben gelingt, einen festen Halt zu gewinnen. Die genügende Verdichtung der oberen Zone tritt jetzt später ein als bei der langsamen Bewegung des Wassers, da ja ein viel grösserer Theil des Porenvolumens ausgefüllt werden muss. Die schädlichen Folgen dieses Uebelstandes steigern sich mit der Menge der abzufiltrirenden Mikroorganismen. Sind deren sehr viele vorhanden, so bieten ihnen die oberen Zonen nicht Aufhängepunkte genug dar, und sie gelangen noch zahlreich in die tieferen Zonen, wo das Filtrationsvermögen schwächer und schwächer wird. Dazu kommt, dass die im Sande an-

gesiedelten Bacterien auch nicht unbedingt festsitzen, sondern bei zunehmender Geschwindigkeit des Wasserstromes mehr und mehr der Gefahr ausgesetzt sind, fortgeschwemmt zu werden. Das wird namentlich verderblich, wenn die unterste Region der Sandschicht schon zu stark besiedelt ist; denn was an dieser Stelle losgespült wird, kann nirgends mehr aufgehalten werden.

So viel dürfte aus vorstehender Ausführung mit Sicherheit zu entnehmen sein, dass Wässer, die sehr reich an Mikroorganismen sind, viel vorsichtiger und langsamer filtrirt werden müssen als solche, die verhältnissmässig arm daran sind. Wie sehr durch dieses Moment die zulässige Grenze der Filtrationsgeschwindigkeit verschoben wird, bekunden sehr deutlich die in Berlin gemachten Wahrnehmungen. Die Stadt Berlin wird bekanntlich durch zwei grosse Filtriranstalten mit Wasser versorgt, von denen die ältere, im Südosten noch im Bereiche des Weichbildes gelegen, aus der Spree schöpft, während die neuere, nordwestlich gelegene das Wasser dem Tegeler See entnimmt. Der von der Stadt ziemlich entfernte, von der Schifffahrt wenig berührte Tegeler See hat ein sehr reines Wasser, das sich durch mässigen Bacteriengehalt vortheilhaft auszeichnet. Selten beträgt die Anzahl der Keime pro 1 ^{ccm} mehr als 1000, meist ist sie erheblich niedriger und sinkt sogar im Winter bis auf weniger als 100 herab. Im Gegensatz dazu ist das Wasser der Oberspree an der Schöpfstelle des Stralauer Werkes mit Bacterien reich gesegnet. 5000 bis 10,000 Keime im Cubikcentimeter ist das gewöhnliche, es kommen aber auch häufig viel mehr vor und sind schon wiederholt gegen 100,000 gezählt worden. Das Tegeler Werk arbeitet mit der constanten Filtrationsgeschwindigkeiten von 100 ^{mm} und stellt dabei, vor zufälligen Störungen abgesehen, ein ziemlich bacterienfreies Leitungswasser her. Ein gleichwerthiges Resultat erzielt die Stralauer Anstalt kaum bei Filtrationsgeschwindigkeit von 50 ^{mm} und auch dann allein bei Anwendung grosser Vorsichtsmassregeln. Dem Tegeler Werk ermöglichen ferner seine baulichen Einrichtungen einen sehr gleichmässigen, von grösseren Schwankungen geschützten Betrieb; es ist sogar im Winter in einer noch vortheilhafteren Lage als im Sommer. Gerade das Umgekehrte ist bei dem Stralauer Werke der Fall; hier kommt es in strengen und anhaltenden Wintern vor, dass bei der Unmöglichkeit, die offenen Filter zu reinigen, zuletzt nur die wenigen bedeckten Filter zu Gebote stehen und dann mit Filtrationsgeschwindigkeiten von 200 ^{mm} und darüber gearbeitet werden muss. Alsdann steigt die Zahl der Bacterien im filtrirten Wasser jedes Mal bis auf mehrere Tausend, so dass mit Recht der Hygieniker die Leistungen beanstandet.

Je reiner die Quelle ist, aus der ein Filterwerk schöpft, desto mehr

tritt die Rücksicht auf Normal-Geschwindigkeiten in den Hintergrund. Ein sehr instructives Beispiel bietet in dieser Beziehung der Betrieb des neuen Wasserwerkes der Stadt Zürich dar. In den mit nachahmenswerther Sorgfalt zusammengestellten Berichten, die alljährlich über den Stand der dortigen Wasserversorgung publicirt werden, finden sich überraschend günstige Mittheilungen über den Keimgehalt des aus dem Züricher See in 12^{m} Tiefe unter dem Wasserspiegel entnommenen Wassers. Derselbe betrug im Jahre 1886 pro 1^{ccm}:

Seewasser.

	Max.	Mittel	Min.
I. Quartal	91	60	42
II. „	251	163	47
III. „	389	210	55
IV. „	332	206	83
	Durchschnitt	159	

Die Filter arbeiteten mit der aussergewöhnlichen Geschwindigkeit von 7^{m} per Tag oder fast 300^{mm} pro Stunde und dennoch war der biologische Effect, wenn wir ihn in gewohnter Weise nach der Anzahl der übriggebliebenen Keime beurtheilen, sehr befriedigend; denn das filtrirte Wasser enthielt pro 1^{ccm}:

	Max.	Mittel	Min.
I. Quartal	25	14	7
II. „	87	29	5
III. „	57	33	8
IV. „	39	22	10
	Durchschnitt	24	

Man braucht sich nicht zu wundern, wenn nach so günstigen Betriebsergebnissen, die noch dazu mit so leichter Mühe errungen wurden, Zweifel darüber auftauchten, ob denn die Zügelung der Filtrationsgeschwindigkeit überhaupt von Belang sei. Indessen bei genauerer Prüfung nimmt sich die Sache doch etwas anders aus. Das filtrirte Wasser wies allerdings im Durchschnitt nur $^{1}/_{6}$ der Pilzcolonieen des unfiltrirten Wassers auf, aber an und für sich war das doch ein höchst winziges Reductionsverhältniss, mit dem man anderer Orten nicht leicht zufrieden sein möchte. Dass das Reductionsverhältniss mit der Schnelligkeit der Filtration im Zusammenhange steht und mit abnehmender Geschwindigkeit sich bessert, erfuhr man in Zürich schon im darauffolgenden Betriebsjahre (1887). Nach inzwischen eingetretener Vergrösserung der Filterfläche konnte die durch-

schnittliche Filtrations-Geschwindigkeit auf 200 mm ermässigt werden, und die analogen Angaben über das zweite Betriebsjahr lauten folgendermassen:

1 ccm Seewasser enthielt Pilzkeime:

	Max.	Mittel	Min.
I. Quartal	473	175	76
II. „	227	128	84
III. „	476	224	115
IV. „	766	396	115
Durchschnitt		246	

1 ccm filtrirtes Wasser enthielt Pilzkeime:

	Max.	Mittel	Min.
I. Quartal	28	18	9
II. „	23	13	5
III. „	20	12	4
IV. „	57	31	12
Durchschnitt		19	

Das Reductionsverhältniss stellte sich jetzt auf $^1/_{12}$ und das filtrirte Wasser enthielt an Pilzkeimen trotz deren Zunahme im Seewasser noch weniger als im Vorjahre.

Für Berlin lassen sich ähnliche Berechnungen mit Hülfe der vom königlichen hygienischen Institut fortlaufend geführten Untersuchungen durchführen. An ausführlichen gedruckten Berichten steht gegenwärtig erst der zur Verfügung, welcher die Zeit vom 1. Juni 1885 bis 1. April 1886 umfasst und der im Jahrgang 1887 dieser Zeitschrift veröffentlicht worden ist. Wir beginnen die Zusammenfassung der Einzelresultate, mit dem 1. Juli und lassen dabei die Tage weg, an denen offenbare Abnormitäten zum Vorschein kamen. Zu letzteren müssen wir es rechnen, wenn ein Mal plötzlich und schnell vorübergehend der Keimgehalt des Flussresp. Seewassers übermässig hoch (über 10,000) gestiegen ist oder wenn im Filtrat eine den gewöhnlichen Befund weit übersteigende Zahl gefunden wurde, was fast immer auf Discontinuitäten im Betriebe zurückzuführen ist. Es kommen somit in Wegfall für das Stralauer Werk die Zählungen vom 21./7. — 25./8. — 24./11. — 26./1. — 2./2. — 16./3. — 23./3. — 30./3. und für Tegel diejenigen vom 21./7. — 11./8. — 15./12. — 2./2. — 23./3. — 30./3. und wir erhalten:

1. Wasserwerk vor dem Stralauer Thor.

1 ccm unfiltrirtes Spreewasser enthielt entwickelungsfähige Keime:

	Max.	Mittel	Min.
III. Quartal 1885	9200	3654	1120
IV. „ 1885	9000	4660	1204
I. „ 1886	2515	2515	1010
Durchschnitt		3609	

1 ccm filtrirtes Spreewasser enthielt entwickelungsfähige Keime:

	Max.	Mittel	Min.	Reductions-Verhältniss
III. Quartal 1885	200	71	26	1 : 51
IV. „ 1885	220	72	20	1 : 65
I. „ 1886	112	47	7	1 : 54
Durchschnitt		63		1 : 57

2. Wasserwerk in Tegel.

1 ccm unfiltrirtes Seewasser enthielt entwickelungsfähige Keime:

	Max.	Mittel	Min.
III. Quartal 1885	4410	1110	111
IV. „ 1885	1290	288	60
I. „ 1886	440	118	14
Durchschnitt		505	

1 ccm filtrirtes Seewasser enthielt entwickelungsfähige Keime:

	Max.	Mittel	Min.	Reductions-Verhältniss
III. Quartal 1885	120	54	17	1 : 21
IV. „ 1885	260	75	10	1 : 4
I. „ 1886	70	25	2	1 : 5
Durchschnitt		51		1 : 10

Es ist gewiss sehr bemerkenswerth, dass das Reductions-Verhältniss immer niedriger wird, je weniger Bacterien im Wasser vorkommen. Während es in Stralau nicht geringer als $^1/_{50}$ geworden ist, ist es in Tegel in den Wintermonaten bis auf 1 : 5 herabgegangen. Wir können aber doch unmöglich annehmen, dass es einer geringen Anzahl von Bacterien leichter fallen sollte, durch eine Sandschicht hindurchzudringen, als einer grossen. Der wahre Sachverhalt ist jedenfalls durch einen Nebenumstand verdeckt und dieser ist unschwer zu finden. Wir haben schon im Vorhergehenden

wiederholt auf die Möglichkeit hingewiesen, dass durch den Wasserstrom an der unteren Grenzfläche des Sandes Bacterien losgespült werden können. Nehmen wir an, es gerathen auf diese Weise circa 30 pro 1 ccm in das Wasser und dieses enthalte vor der Filtration in der einen Jahreszeit etliche Tausend, etwa 3000, in der anderen nur einige Hundert, vielleicht 300 Keime. Werden dieselben durch das Filter in dem constanten Verhältniss 1 : 100 reducirt, so finden sich in dem filtrirten Wasser

$$\text{in dem ersten Falle } 30 + \frac{3000}{100} = 60,$$

$$\text{in dem anderen } 30 + \frac{300}{100} = 33.$$

Obgleich das Filter in durchaus gleicher und vorzüglicher Weise gearbeitet hätte, würden sich doch die Reductionsverhältnisse ganz verschiedenartig gestellt haben, nämlich auf $^1/_{50}$ resp. $^1/_9$.

Im Widerspruch mit dieser Berechnung scheint auf den ersten Blick das Ergebniss der Untersuchungen des Wassers von dem Werke vor dem Stralauer Thor zu stehen. Hier betrug im Sommer 1885 das Reductions-Verhältniss 1 : 51, stieg aber im Winterquartal 1886 auf 1 : 54, obwohl die durchschnittliche Menge der Bacterien auf $^2/_3$ der im Sommer wahrgenommenen gesunken war. Das erklärt sich ganz einfach aus der grossen Verlangsamung der Filtration. Im Sommer musste sehr ungleichmässig und mit Geschwindigkeiten, die nicht selten 100 mm überstiegen, gearbeitet werden, im Winter dagegen war der Gang der Filter sehr ruhig und so langsam, dass die durchschnittliche Geschwindigkeit oft nur 50 bis 60 mm betrug. Hier haben wir also einen unmittelbar aus der Praxis geschöpften Beweis vor uns, dass wir durch Verlangsamung des Filtrationsprocesses wohl im Stande sind, den hygienischen Anforderungen mehr und mehr Genüge zu leisten. Um deutlich zu sehen, wie man auf diesem Wege vorwärts komme, liess ich bei Gelegenheit zwei der offenen Filter des Stralauer Werkes besonders langsam arbeiten, nämlich das Filter Nr. IV mit nur 30 mm Geschwindigkeit und das Filter Nr. VI mit 50 mm pro Stunde, und untersuchte das Filtrat in sehr kurzen Zwischenpausen, wodurch die Tage klar erkenntlich wurden, welche das Güteverhältniss benachtheiligten. Es waren dies die ersten Tage. Darnach erlangten die Filter ihr volles Leistungsvermögen und gaben ein Wasser von immer gleicher Güte. Siehe die umstehende Tabelle. In dem mit 30 mm stündlicher Geschwindigkeit gewonnenen Filtrat wurden eigentlich kaum mehr Keime entdeckt, als die Fehler der Untersuchungs-Methode ausmachen, und man kann wohl sagen, dass das Filter Nr. IV im vollsten Sinne seine Aufgabe erfüllt hatte. Fast im Verhältniss der Geschwindigkeiten (3 : 5) standen dazu die Leistungen des Filters Nr. VI.

Spreewasser.

	unfiltrirt			Filtrirt mit 30^{mm} stündlicher Geschwindigkeit				Filtrirt mit 50^{mm} stündlicher Geschwindigkeit			
	1 ccm	0·5 ccm	Durchschnitt	1 ccm	0·5 ccm	Durchschnitt		1 ccm	0·5 ccm	Durchschnitt	
Sept. 19	3575	—	3575	—	—	—		220	105	215	
„ 25	4224	1911	4023	96	58	106		141	68	139	
„ 29	1450	659	1384	28	14	28		52	29	55	
Oct. 1	1226	537	1150	14	8	15		22	15	26	
„ 2	3075	1368	2905	7	3	7		11	6	12	
„ 3	4270	1960	4090	21	15	25		8	6	10	
„ 5	4697	2482	4830	6	2	5		10	11	16	
„ 9	3195	925	5045	10	7	12		29	10	25	
„ 13	1900	1152	2102	9	2	6		27	10	24	
„ 15	1460	810	1540	5	7	9		28	14	28	
„ 17	1470	672	1407	14	7	14		31	9	25	
„ 19	1056	630	1158	6	10	13		33	16	32	
„ 21	1449	784	1508	10	5	10		27	12	25	
„ 23	verlaufen			23	15	26		38	—	38	
„ 26	2700	1656	3006	5	—	5		17	13	22	
„ 29	2320	1197	2350	9	1	6		11	6	12	
Nov. 1	verl.	2065	4130	17	5	13		16	7	15	
„ 3	3300	—	3300	9	—	9		29	—	29	
„ 10	2907	—	2907	8	—	8					
Durchschnitt			2800			17				41	
				Reduct.-Verhältniss			1:165	Reduct.-Verhältniss			1:70
				nach Ausschluss der ersten Zählung			1:233	nach Ausschluss der 3 ersten Zählungen			1:122

was entschieden wieder auf den Einfluss der Spülung hindeutet. Leider konnte aus Betriebsrücksichten über den 10. November hinaus der Versuch nicht ausgedehnt werden. Immerhin lieferte er trotz seiner Unvollständigkeit einige positive Anhaltspunkte für die Beantwortung der Frage, ob man bacterienreiche Wässer durch Sandfiltration in jedem von der Hygiene gewünschten Grade reinigen könne. Nicht allein die Möglichkeit muss zugegeben werden, sondern auch die Ausführung setzt keineswegs eine Behandlungsweise voraus, die von vornherein vom praktischen Standpunkte aus als undiscutirbar zurückgewiesen werden dürfte.

Es wurde schon weiter oben angeführt, dass man unter dem Ausdrucke „Periode“ die Zeit versteht, welche vergeht, bis man behufs Wiederherstellung der Durchlässigkeit eine Abschlämmung oder Reinigung des Filters vornehmen muss. Wie nun am Anfange einer Periode die qualitative Leistung mangelhaft ist, so pflegt sie auch am Ende zu erlahmen.

Da aber in der dazwischen liegenden Zeit nichts weiter geschieht, als dass entsprechend dem Anwachsen des Widerstandes an der Oberfläche der Sandschicht der hydrostatische Druck erhöht wird, um die Ergiebigkeit des Filters auf gleicher Höhe zu erhalten, so dürfen wir vermuthen, dass die Erscheinung damit zusammenhängt und dass ebensowohl wie die Geschwindigkeiten auch die Pressungshöhen in angemessener Weise zu beschränken sind.

Bei Anfang des Filtrirens sind alle Zonen gleichermassen durchlässig und der nach dem Darcy'schen Gesetze sich einstellende Druck wird von ihnen gleichmässig absorbirt. Denken wir uns wieder die Sandschicht vertical durchschnitten und auf der Schnittlinie AC von der Oberfläche des Sandes angefangen die Ueberdrucke in den verschiedenen Tiefen als

Fig. 3.

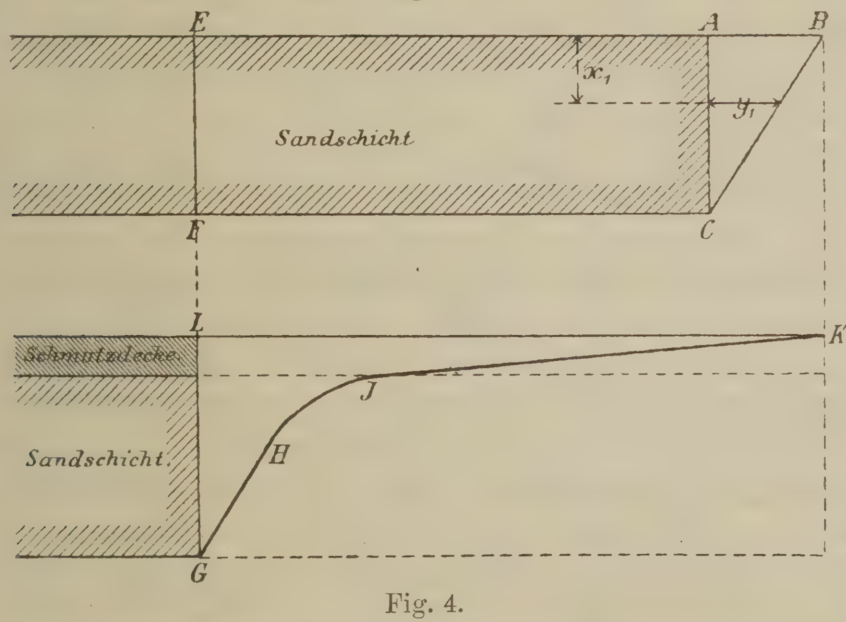


Fig. 4.

Ordinaten aufgetragen; an der Oberfläche ist derselbe gleich AB (bei 100 mm Filtrirgeschwindigkeit und 0·6 m Dicke der Schicht, aus Sand No. II hergestellt 54·6 mm); an der unteren Grenzfläche ist er gleich Null. Verbinden wir Punkt B mit C, so veranschaulicht die gerade Linie BC, wie der Ueberdruck nach unten hin abnimmt; er hat z. B. in der Tiefe x noch die Grösse y (die Bedeutung der geraden Linie EF, welche parallel der Schnittlinie AC gezogen ist, wird an anderer Stelle erwähnt werden). In allen Zonen, mit Ausnahme der obersten, deren Zustand sich ändert, bleibt im ganzen Verlaufe der Filtration der Ueberdruck der nämliche wie zu Anfang; oben aber wächst er sehr stark und das Druckdiagramm nimmt allmählich die verzerrte Gestalt an, welche uns Fig. 4 vor Augen führt. Der Deutlichkeit wegen ist die Dicke der Schlammschicht in vergrössertem Massstabe aufgetragen.

Wir sehen, dass die Curve *GHJK*, wenn man sie von unten auf verfolgt, schon bei *J* die Sandoberfläche schneidet und dass erst auf der Strecke *JK* das intensive Wachsen ihrer Ordinaten stattfindet. Die Drucksteigerung im letzten Theile einer Periode wird also wesentlich durch die schwere Durchdringlichkeit der Ablagerungen auf der Oberfläche des Filters bedingt. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man beim Reinigen eines Filters vorsichtig das Schmutzhäutchen entfernt, den Sand selbst aber unberührt lässt. Das Filter arbeitet dann mit einem Anfangsdruck, welcher den sonstigen um Einiges übertrifft, ohne Schwierigkeit weiter.

Unter der Einwirkung der immer stärker werdenden Belastung geht die Schmutzdecke schliesslich einer Auspressung entgegen, deren Folgen sich je nach der Natur der aus dem Wasser abgeschiedenen Stoffe verschieden fühlbar machen werden. Von Bacterien stark bevölkerte Wässer, wie z. B. das Spreewasser an der Schöpfstelle der alten Berliner Wasserwerke, sind in der Regel durch organische Substanzen verschiedenster Art und Reste abgestorbener Organismen stark verunreinigt und hinterlassen auf der Oberfläche eines Filters einen Rückstand, der sich mehr oder weniger als Nährboden für Bacterien qualificirt. Die hineingelangten Keime verhalten sich darin nicht wie todte Körper, sondern bringen sich in selbstständiger Weise zur Geltung. Sie vermehren sich, üben alle die biologischen Functionen, die wir sonst an ihnen wahrnehmen, weiter aus und gewiss ermöglicht vielen von ihnen die Eigenbewegung und die Fähigkeit der Verflüssigung wasserreicher Nährböden ihren Ort zu verändern. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass gegen Ende einer Periode grosse Schwärme von Mikroorganismen in den Sand einzudringen versuchen, was durch Auspressung der Schlammdecke nur begünstigt werden kann.

Wo solche biologische Vorgänge vorauszusehen sind, empfiehlt es sich, den Druck nicht über 0·5 bis höchstens 0·7 ^{m} steigen zu lassen. Bei gutartigen Wässern mag die Grenze weiter gesteckt werden. Ueber das stufenweise Wachsthum der Drucke geben speciellen Aufschluss die beiden nachstehenden Diagramme Fig. 5 und 6, in welchen die an 4 gleichzeitig arbeitenden Filtern täglich gemessenen Drucke über einer die Periode ausdrückenden und nach Tagen eingetheilten Horizontalen aufgetragen sind. Auch hier zeigt sich wieder der günstige Einfluss kleiner Filtrations-Geschwindigkeiten. Es erfolgt dabei die Zunahme der Drucke nicht proportional der durchgelassenen Wassermenge, sondern lange Zeit hindurch viel langsamer (siehe die Curven I *A* und II *A*); erst im letzten Drittel der Periode ändert sich das Zunahmeverhältniss; es wächst schneller und zuletzt so rapide, dass eine fernere Drucksteigerung von einigen Hundert Millimetern die Periode doch nur

um wenige Tage verlängern würde. Je schneller filtrirt wird, desto mehr büsst das Zunahmeverhältniss diesen vortheilhaften Charakter ein und ein immer kleiner werdender Theil der Periode verläuft unter niedrigem Drucke; in beistehenden Diagrammen war es bei 100 mm Filtrirgeschwindig-

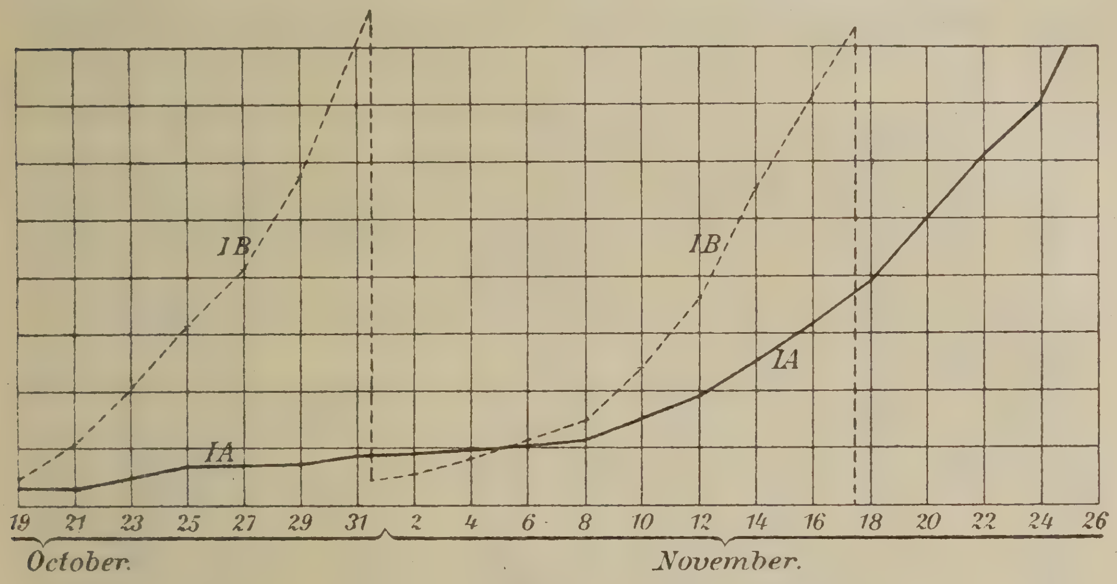


Fig. 5.
Filter I *A* 0·6 m grober Sand, 50 mm Filtrirgeschwindigkeit,
„ I *B* 0·6 m „ „ 100 mm „

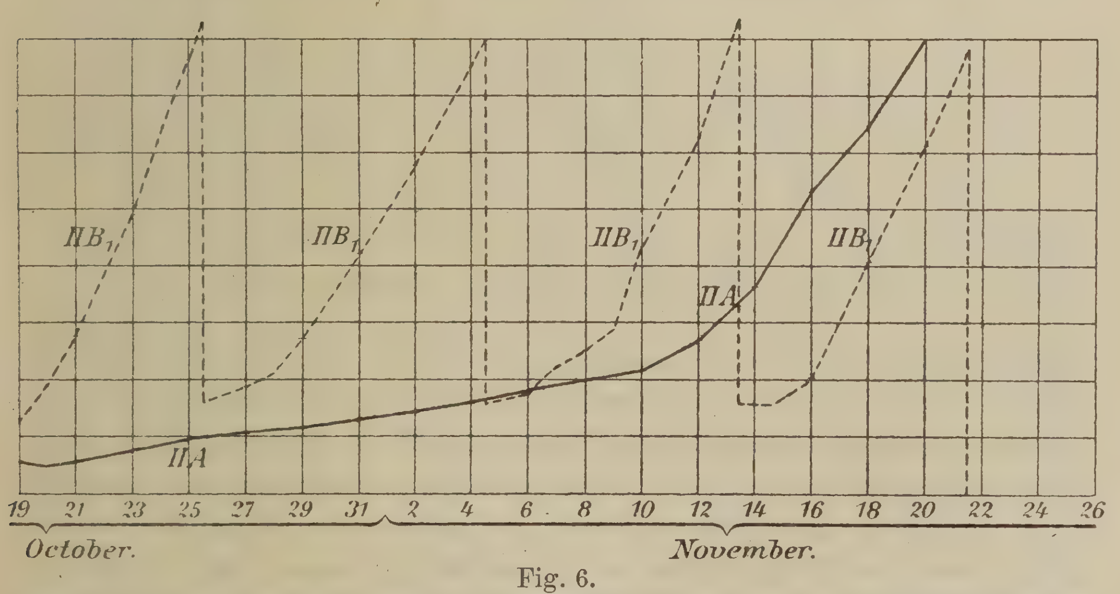


Fig. 6.
Filter II *A* 0·6 m scharfer, ziemlich feinkörniger Sand, 50 mm Filtrirgeschwindigkeit,
„ II *B* 0·6 m „ „ „ „ 150 mm „

keit etwa die erste Hälfte, bei 150 mm Geschwindigkeit kaum noch das erste Drittel der Periode. Die Druckzunahme richtet sich dann schon zu sehr nach dem durchgelassenen Wasserquantum und zwar ist dieses sowohl bei feinkörnigen wie grobkörnigen Sanden der Fall.

Interessant ist, wie die Gesammtergiebigkeit des Filters während einer Periode, wenn man für das Maximum des Druckes ein und dieselbe Grenze festsetzt, bei zunehmender Geschwindigkeit nachlässt. Die Leistungen der Versuchsfilter sind, um das genügend hervorzuheben, nochmals tabellarisch zusammengestellt, wobei das in der graphischen Darstellung weggelassene Filter II *B* Aufnahme gefunden hat.

Filter-Nr.	0·6 m Sand	Filt.-Geschw. pro Stunde mm	Dauer der Periode Datum	Anzahl der Tage	Leistung der Filter berechnet pro 1 qm Fläche cbm	Leistung der Filter in Procent. von I *A*	Anfangs-Druck Millimeter	Maximal-Druck Millimeter	Mittlerer Druck Millimeter
I *A*	grobk.	50	19./10. — 25./11.	38	45·6	100	31	810	234
I *B*	„	100	19./10. — 31./10.	13	31·2	68 } 73	49	865	358
I *B*	„	100	1./11. — 17./11.	17	35·8	78 } 73	48	834	328
II *A*	scharf	50	19./10. — 21./11.	34	40·8	89	57	800	239
II *B*	„	100	19./10. — 31./10.	13	31·2	68 } 71	92	823	375
II *B*	„	100	1./11. — 14./11.	14	33·6	74 } 71	95	750	297
II B_1	„	150	19./10. — 25./10.	7	25·2	55	135	833	408
II B_1	„	150	26./10. — 4./11.	10	36·0	79 } 67	160	800	464
II B_1	„	150	5./11. — 14./11.	9	32·4	71 } 67	159	840	415
II B_1	„	150	15./11. — 21./11.	8	28·8	63 } 67	158	783	427

Die Spalten 5 und 6 der Tabelle besagen, dass das Filter Nr. I *B* bei 100 mm Geschwindigkeit nur 73 Procent von der Wassermenge producirte, welche das in der Zustellung mit ihm übereinstimmende Filter Nr. I *A* zu derselben Zeit bei 50 mm Geschwindigkeit ergab, und dass die erheblich grössere Wassermenge dieses letzteren unter Innehaltung der gleichen Druckgrenze mit einem mittleren Drucke von nur 234 mm gewonnen wurde, während für jenes um 27 Procent kleinere Quantum ein mittlerer Druck von 358 mm aufgewendet werden musste. Eine ähnliche Abstufung der Leistung bei gleichzeitiger, noch grösserer Vermehrung der mittleren Drucke fand bei den Filtern Nr. II *A*, II *B* und II B_1 statt. Die Verlangsamung der Geschwindigkeit erscheint hiernach als ein Mittel, die Gesammtergiebigkeit einer Periode zu erhöhen und — worauf der Hauptwerth zu legen ist — sie ermöglicht den grössten Theil der Production eines Filters mit niedrigem Drucke zu gewinnen und die Schädlichkeit hoher Drucke abzuschwächen.

Die Dauer einer Periode ist bei verschiedenen Filteranlagen eine sehr ungleiche. Abgesehen von dem Zusammenhange, der zwischen ihr und der Filtrations-Geschwindigkeit besteht, macht sich dabei in hervorragen-

dem Maasse die Eigenartigkeit der Wässer geltend. Das zeigt sich wieder eclatant an den beiden extremen Beispielen, als welche wir schon das alte Berliner und das neue Züricher Werk gegenüberstellten.

Zürich hat trotz der grossen Filtrations-Geschwindigkeiten lange Perioden aufzuweisen. In den Jahresberichten pro 1886 und 1887 finden wir darüber folgende Angaben:

		Ueberwölbte Filter		Offene Filter
		1886	1887	1887
Zahl der Abschlämmungen per Filter im Mittel		8	5	7
Dauer einer Betriebsperiode in Tagen	Min.	13	34	24
	Mittel	39	77	48
	Max.	45	133	59
Per Periode von 1 qm Filterfläche abfiltrirtes Wasser m^3	Min.	120	204	126
	Mittel	300	384	213
	Max.	386	665	300
Mittlere Filtrations-Geschw. pro Tag in Metern		7·8	5	4·5

Ganz anders waren die Ergebnisse des Filterdienstes bei dem alten Berliner Werk vor dem Stralauer Thor. Es betrug daselbst in den Jahren

		1887	1888
Zahl der Abschlämmungen per Filter im Mittel		21	22
Dauer einer Betriebsperiode in Tagen	Min.	8	6
	Mittel	17	16
	Max.	nicht genau anzugeben	
Per Periode von 1 qm Filterfläche abfiltrirtes Wasser m^3	Min.	13·2	7·9
	Mittel	19·9	21
	Max.	nicht genau anzugeben	
Mittlere Filtrations-Geschw. pro Tag in Metern		1·3	1·1

Die Einrichtungen des Werkes erlaubten nicht, den Leistungsunterschied der offenen und überwölbten Filter festzustellen, aber auch hier ist in Zeiten, wo das Werk stark in Anspruch genommen wurde, deutlich gespürt worden, dass ein solcher existirt. Aus der vorangegangenen Zusammenstellung ergiebt sich, dass auch bei einem und demselben Filterwerke die Dauer der Perioden sehr verschieden ist. Die kürzesten fallen in den Sommer, die längsten in den Winter. Darnach hat augenscheinlich die Temperatur des Wassers darauf Einfluss. Das geringere Leistungsvermögen der offenen Filter im Vergleich zu den bedeckten und zwar zu allen Jahreszeiten beweist ferner, dass auch der Grad der Belichtung der Filterflächen von Belang ist. Beide Umstände weisen deutlich auf die eigentliche Ursache hin, wesshalb die Perioden sich mit den Jahreszeiten

so beträchtlich ändern. Es ist die Algenvegetation und ihre Begünstigung durch Licht und Wärme. In den Berliner Filtern wuchern den ganzen Sommer hindurch viele Arten von Diatomeen, unter diesen besonders häufig eine, welche die Gestalt einer an beiden Enden zugespitzten Nadel hat. Diese Nadeln bilden auf der Oberfläche des Sandes ein dichtes Netzwerk, dessen Maschen schon nach kurzer Zeit vollständig verstopft sind. In den offenen Filtern wird vollends durch energisches Wachsthum der Ueberzug von selbst so dicht, dass seine Durchlässigkeit sehr bald verloren geht. Die Betriebsperioden werden dadurch bisweilen derartig verkürzt, dass eine geregelte Filterwirthschaft kaum noch möglich bleibt. Letztere wird schon schwierig, wenn die Filterreinigung alle acht Tage wiederholt werden muss. Es ist daher wünschenswerth, dass das Minimum einer Periode mehr als 8 Tage betrage. Andererseits haben sehr lange Perioden auch ihr Bedenkliches.

Stellen wir uns vor, einige pathogene Keime seien in das Filterbassin gerathen. Gesetzt, der eine von ihnen werde nicht an der Oberfläche der Sandschicht festgehalten, sondern gelange bis tief in den Sand hinein. Dort fehlen für ihn — was später ausführlicher motivirt werden wird — die Bedingungen, die seiner Vermehrung Vorschub leisten, und wird er wirklich nachträglich vom Wasserstrome losgerissen und in das Leitungswasser übergeführt, so bleibt er unter Milliarden von indifferenten Wasserbacterien ein Unicum, das der wunderbarste Zufall allein an eine Stelle zu führen vermöchte, wo es schädlich wirken könnte. Anders verhält es sich mit einem Keim, der in der Schlammdecke sitzen geblieben ist. Diese ist in vielen Fällen ein mit Fäulnisskörpern hinreichend gedüngter Boden, der das Fortkommen der anspruchsvolleren pathogenen Mikroorganismen nicht ausschliesst. Der Keim entwickelt sich zur Colonie und um so früher, je mehr er durch die Temperatur unterstützt wird. Die daraus hervorgehenden Individuen sind über das Filter nicht gleichmässig vertheilt, sondern alle an einer winzig kleinen Stelle concentrirt. Werden sie aus der Schlammdecke ausgepresst oder setzen sie sich aus eigenem Antriebe in Bewegung, so suchen alle an derselben Stelle die Sandschicht zu durchdringen. Hat aber erst eine nach Millionen zählende Vermehrung stattgefunden, so wird das auch vielen von ihnen gelingen. Unter Umständen kann dann der Zweck der Filtration vereitelt werden. Wo man im Wasser die Gegenwart pathogener Mikroorganismen zu befürchten hat, darf also keinesfalls eine Periode so lange ausgedehnt werden, bis in der Schlammdecke eine üppige Wucherung von Bacterien entstanden ist. In dieser Beziehung üben die niemals fehlenden Algen eine sehr heilsame Function aus; sie bewirken gerade zu den Zeiten, wo durch höhere Temperaturen des Wassers die Entwickelung der Bacterien begünstigt wird, eine

erhebliche Verkürzung der Perioden und lassen eine Verlängerung derselben erst wieder zu, wenn in Folge der Winterkälte die Lebensthätigkeit der Mikroorganismen gehemmt ist.

Anfang und Ende einer Periode sind, wie ausführlich gezeigt worden, die beiden Momente, wo eine gewisse Unzulänglichkeit des Filtrationsprocesses hervortritt. Das einfachste Mittel, die Unvollkommenheiten zu mildern, bietet sich in der Regulirung der Geschwindigkeiten dar. Man eröffne die Periode mit minimalen Geschwindigkeiten und lasse dieselben, nachdem man sicher ist, dass sich die Oberfläche des Filters bereits verdichtet hat, allmählich auf den bei Einrichtung der Anlage normirten Betrag steigen. Auf dieser Höhe erhalte man sie gleichförmig, bis sich ein intensives Wachsen der Drucke einstellt. Alsdann vermindere man sie wieder und lasse das Filter unter Innehaltung eines mässigen Maximaldruckes sich todt arbeiten, falls man es nicht vorzieht, die Reinigung schon ein Paar Tage früher vorzunehmen. Ein nach dieser Vorschrift entworfenes Geschwindigkeits-Diagramm gestaltet sich nach Fig. 7, worin die Ordinaten die täglichen oder stündlichen Geschwindigkeiten bedeuten. Weniger gut erscheint die absolute Gleichförmigkeit der Geschwindigkeit während der ganzen Periode ohne Unterscheidung einzelner Momente. Das Diagramm wird in diesem Falle zum Rechteck.

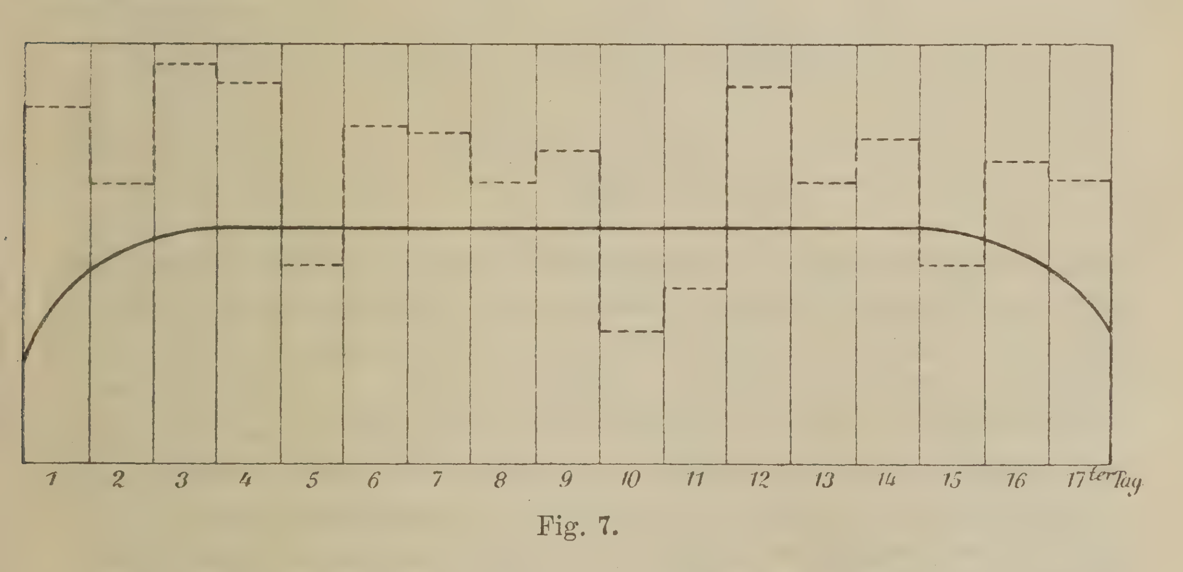


Fig. 7.

Ganz verwerflich ist ein beliebiger und plötzlicher Wechsel der Geschwindigkeit entsprechend etwa dem punktirten Linienzug in obiger Figur; denn jede unvermittelte Unterbrechung der Regelmässigkeit ist mit grossen Druckschwankungen verbunden, die momentan und stark auf die Schlammdecke reagiren.

Um einen Maassstab für die Dicke der Sandschicht zu gewinnen, beschäftigen wir uns nochmals mit dem auf S. 128 dargestellten Zustandsdiagramm. Dasselbe drückte den Zustand aus, der sich in einem Filter nach längerem Gebrauche einstellt. Das Charakteristische lag besonders in der starken Ueberfüllung der oberen Regionen mit Bacterien, während in den tieferen im Allgemeinen viel geringere Aenderungen eintreten und wir zuletzt auf Sand treffen, der nur wenig von seiner ursprünglichen Reinheit eingebüsst hat. Da wir auf Erhaltung der Reinheit des Sandes an der unteren Grenzfläche Werth gelegt haben, so ist die Dicke h der Schicht unter allen Umständen so zu bemessen, dass die Curve $g\,i\,k\,l$ von der unteren Grenzfläche erst an einer Stelle geschnitten werde, wo sie der Linie $m\,n$, die den Urzustand des Sandes darstellte, schon sehr nahe kommt. Die Tiefe, in welcher dieses der Fall ist, hängt vom Verlaufe der Curve und dieser selbst wieder einigermassen vom Gange der Filtration ab. Sofern vorsichtig und langsam filtrirt wird, ist er ein so günstiger wie in dem folgenden Diagramm. Die Uebergänge vollziehen

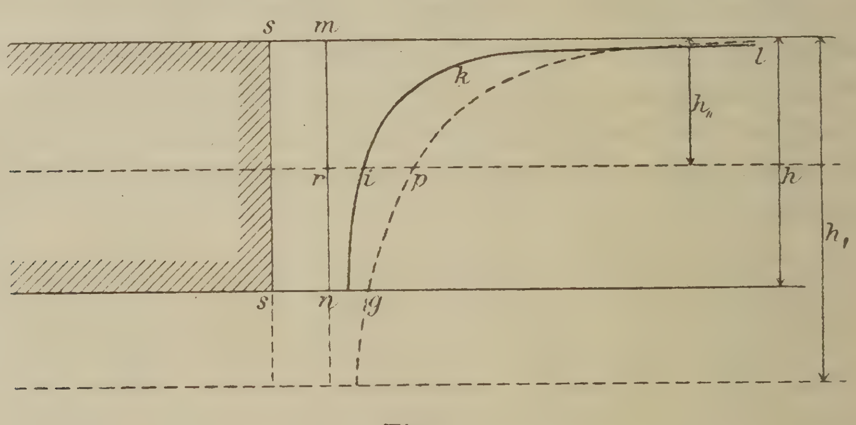


Fig. 8.

sich schnell, und schon in mässiger Tiefe lässt sich ein hinlänglicher Reinheitsgrad aufrecht erhalten. Hingegen bei schnellem Filtriren wird die Curve zu einer anderen (punktirt), deren Annäherung an die Linie $m\,n$ langsamer stattfindet, und h ist jetzt viel grösser zu nehmen, wenn in gleichem Maasse der oben gestellten Bedingung entsprochen werden soll; es genügt dazu erst die Dicke $h_{,}$. Ist ferner die Dicke der Sandschicht sehr gering, etwa gleich $h_{,,}$, so rückt der Schnittpunkt der Curve mit der unteren Begrenzungslinie weiter von der Linie $m\,n$ ab; ein so erheblicher Abstand wie $r\,p$ würde bedeuten, dass an der unteren Grenzfläche unzulässige Zustände eingetreten sind. Dazu kann es z. B. kommen, wenn bei längerem Betriebe eines Filters die Reinigung der Oberfläche oftmals wiederholt worden ist, ohne für den herausgenommenen Sand Ersatz zu leisten. Damit bei solcher Betriebsweise die Sandschicht nicht schliess-

lich übermässig geschwächt werde, ist es nothwendig, auf ein gewisses Minimum der Dicke zu achten. Vor der Einführung regelmässiger bacteriologischer Untersuchungen ging man bei den Berliner Wasserwerken in der Schwächung der Schichten ziemlich weit. Man reducirte ihre Dicke nicht selten bis auf $0 \cdot 2^{\mathrm{m}}$ und noch weniger. Heute vermeidet man thunlichst mit Schichten, die dünner als $0 \cdot 3^{\mathrm{m}}$ geworden sind, zu arbeiten. Ob dieses Minimum bei sehr grossen Filtrations-Geschwindigkeiten ausreicht, dürfte mit Recht bezweifelt werden; *jedenfalls kann es die Garantieen, welche die Filtration im hygienischen Sinne bietet, nur erhöhen, wenn man die Grenze schon früher, also vielleicht bei* $0 \cdot 4^{\mathrm{m}}$ *zieht.*

Für die mechanische Reinigung der Wässer eignen sich dicke Schichten ebenfalls besser als dünne, da sie mehr Aufhängepunkte darbieten als letztere. Wir haben indessen schon gesehen, wie hinderlich grosse Geschwindigkeiten den suspendirten Stoffen bei der Gewinnung eines sicheren Anhaltes sind. Ist ein Wasser durch viele und sehr feine Körperchen wie Thonpartikelchen stark getrübt, so muss vor allen Dingen mit Hülfe der Schlammdecke filtrirt werden. Sehr lange Filterwege kann man ja überdies in einem künstlichen Filter nicht herstellen; denn da die Baukosten mit der Tiefe des Filterbassins sehr bedeutend zunehmen, ist man gerade bezüglich dieser Dimension auf das äusserste beschränkt und darf nicht über das unbedingt Nothwendige hinausgehen. Suspendirte Thonpartikelchen übertreffen an Kleinheit noch bei Weitem die Mikroorganismen. Ein thonhaltiges Wasser enthält nach mehrtägigem Stehen in 1^{ccm} noch viele Millionen von Körperchen, die zum grössten Theil mikroskopisch unmessbar klein sind. Legen sie sich auf der Oberfläche des Filters zu einer Decke zusammen, so ist ihr Zusammenhang ein äusserst lockerer, während Mikroorganismen vermöge ihrer Klebrigkeit einen gewissen Verband unter einander eingehen. Letztere würden, wenn in grosser Zahl vorhanden, wohl im Stande sein, als Bindemittel einige Dienste zu leisten, doch hat man darauf nur in Ausnahmefällen zu rechnen. Um den schwachen Zusammenhang der einzelnen Elemente der Decke nicht zu stören, müsste mit kleinsten Geschwindigkeiten gearbeitet werden, mit viel kleineren als wir im Vorhergehenden im hygienischen Interesse in's Auge fassten. Das führt aber zu praktischen Unmöglichkeiten. Die Beseitigung feiner Trübungen gelingt daher meist weniger vollkommen, als die Unterdrückung der Bacterien. Namentlich an Orten, die auf die Verwerthung lehmhaltigen Flusswassers angewiesen sind, macht sich gewöhnlich oder doch zu gewissen Zeiten die Mangelhaftigkeit des Klärungsvermögens der Sandfilter bemerkbar, indem das Wasser einen bläulichen Schein zu behalten pflegt und ein mattes Aussehen besitzt. Sofern man

sicher ist, dass das Opalisiren von Resten indifferenter Stoffe herrührt, mag man es als ein verhältnissmässig geringfügiges Uebel in den Kauf nehmen. Immerhin aber wird der Wunsch rege bleiben, diesen Schönheitsfehler, wenn man dafür keinen schärferen Ausdruck gebrauchen will, zu beseitigen. Wie man das durch anderweite Hülfsmittel herbeizuführen bestrebt ist, wird im nächsten Abschnitt erörtert werden.

In die Kategorie der Schönheitsfehler wird von den Hygienikern auch gerechnet der grössere oder geringere Gehalt der filtrirten Wässer an aufgelöster organischer Substanz. Ich kann mich mit dieser Anschauungsweise nicht ganz befreunden; denn von der chemischen Beschaffenheit hängen nun einmal grossentheils diejenigen Eigenschaften des Wassers ab, die unser Geschmack als besondere Vorzüge empfindet und die uns zu seinem Genusse einladen. Niemand würde z. B. gern das Spreewasser geniessen, wenn nichts anderes als die Algen und Mikroorganismen daraus entfernt würden, wohingegen es nach sorgfältiger Filtration ein leidlich wohlschmeckendes Wasser ist. Desshalb halte ich es der Mühe wohl werth, ein wenig genauer nachzuforschen, wie der chemische Effect der Filtration zu Stande kommt, auf welche Stoffe er sich erstreckt und was wir eventuell zu seiner Unterstützung thun können.

Die S. 131 angeführte Thatsache, dass in sterilen Filtern trotz kräftiger Sauerstoffabsorption keine nennenswerthe Oxydirung der aufgelösten organischen Substanzen stattfindet, wies darauf hin, dass dauernde und belangreiche chemische Reactionen allein von den im Sande angesammelten Bacterien ausgehen. Demgemäss haben wir die kräftigsten Reactionen von den Zonen zu erwarten, die der Hauptsitz der Bacterien sind, also von den oberen, wohingegen in den tieferen im Verhältniss zu der geringeren Zahl der von ihnen beherbergten Bacterien die chemischen Wirkungen aller Wahrscheinlichkeit nach sich vermindern werden. Ihre Bestätigung fand diese Vermuthung bei der Vergleichung der Ergebnisse der Versuchsfilter Nr. IV, I und XI des Anhangs, welche Sandschichten von verschiedener Dicke enthielten. Dieselben betrugen bei Nr. IV 700 ^{mm}, bei Nr. I 1400 ^{mm}, bei Nr. XI 2100 ^{mm}, verhielten sich also hinsichtlich der Dicke wie 1 : 2 : 3. Zur Schichtung wurde bei allen dreien dasselbe Material, nämlich mässig bacterienhaltiger Sand aus der unteren Lage eines schon längere Zeit im Betriebe befindlichen grossen Filterbassins verwendet. Ausserdem wurden sie alle auf denselben Gang (50 ^{mm} pro Stunde) gestellt. Nachdem man sicher sein konnte, dass die vom Einfüllen herrührenden schädlichen Nachwirkungen vorüber waren, wurde das Filtrat der einzelnen Filter möglichst zu gleicher Zeit nebst dem unfiltrirten Spreewasser untersucht. Die Resultate sind zwar im Einzelnen in den

Tabellen des Anhangs angegeben, werden jedoch zweckmässig an dieser Stelle in passender Weise geordnet.

Datum	Oxydirbarkeit, Theile Kal. Perm. pro Liter				
	unfiltrirtes Spreewasser	Versuchsfilter Nr. IV	Nr. I	Nr. XI	Nr. VIII
		Dicke der Sandschicht 700 mm	1400 mm	2100 mm	600 mm
22./12.	23·0	19·0	17·6	17·2	—
23./12.	22·6	19·4	18·2	—	16·8
28./12.	22·9	19·0	16·7	16·7	17·8
5./1.	21·3	17·5	16·8	—	16·2
15./1.	26·3	20·4	18·8	18·5	—
13./2.	18·1	—	14·1	—	14·5
25./2.					
(Nr. XIV und XV)					
2./7.	32·6	25·2	23·4		
20./7.	29·9	21·3	20·8		

Datum	Sauerstoffgehalt des Wassers in red. Cubikcentimeter pro Liter				
	unfiltrirtes Spreewasser	Versuchsfilter Nr. IV	Nr. I	Nr. XI	Nr. VIII
		Dicke der Sandschicht 700 mm	1400 mm	2100 mm	600 mm
22./12.					
23./12.					
28./12.					
5./1.	7·4	3·9	0·7		1·2
15./1.	7·9	4·8	3·1		
13./2.	7·3	3·2	3·7		
25./2.	6·6				1·7
(Nr. XIV und XV)					
2./7.	4·3	0·23	0·3		
20./7.	5·5	1·44	0·8		

Wir bemerken zunächst, dass das Reinigungsvermögen dicker Schichten dasjenige dünner nicht sehr erheblich übertrifft und sich schnell einer gewissen Grenze nähert, die anscheinend nur mühsam überschritten wird. Wir gewinnen einen tieferen Einblick in diesen Vorgang, den wir als Oxydation aufzufassen gewöhnt sind, wenn wir in der ersten Abtheilung der Tabelle, welche sich auf die Oxydirbarkeit bezieht, die Zahlen der

aufeinanderfolgenden Vertikalspalten der Reihe nach von einander abziehen, also die der zweiten von der ersten, die der dritten von der zweiten u. s. w. Wir erhalten dadurch die folgenden Reihen und können

Datum	I	II	III
22./12.	4·0	1·4	0·4
23./12.	3·2	1·2	—
28./12.	3·9	2·3	0·0
5./1.	3·8	0·7	—
15./1.	5·9	1·6	0·3
2./7.	7·4	1·8	—
20./7.	8·6	0·5	—

deren Zahlen als den Ausdruck der chemischen Leistungen des oberen, mittleren und untersten Drittels der 2100 mm dicken Sandschicht des Filters Nr. XI. auffassen. Darnach fand z. B. am 22./12. im ersten Drittel eine Verminderung der Oxydirbarkeit um 4·0, im zweiten um 1·4 und im dritten nur um 0·4 statt; an den übrigen Tagen war der Befund fast genau derselbe. Es war sehr auffallend, wie wenig schon das zweite Drittel im Vergleiche zum ersten geleistet hatte und vollends die Leistungen des dritten documentirten sich kaum als deutlich nachweisbare Spuren.

Etwas Aehnliches entdecken wir bei der Absorption des Sauerstoffs. Auch hierbei war der Antheil der tieferen Lagen im Allgemeinen (abgesehen vom Anfang der Periode) geringer als der der oberen. Denn führen wir mit den Zahlen der zweiten Abtheilung der Tabelle dieselbe Rechnung aus wie vorhin mit denjenigen der ersten, indem wir in derselben Horizontalspalte jede folgende Zahl von der vorhergehenden abziehen, so erhalten wir:

Datum	Sauerstoffgehalt des Spreewassers	Absorption durch eine Schicht von 1400 mm Dicke		Summe der absorbirten Volumina	übrig gebliebener Rest
		in der oberen Hälfte	in der unteren Hälfte		
	reducirte Cubikcentimeter pro Liter				
5./1.	7·4	3·5	3·2	6·7	0·7
15./1.	7·9	3·1	1·7	4·8	3·7
2./7.	4·3	4·07	0·0	4·07	0·23
20./7.	5·5	4·06	0·64	4·70	0·80
13./2.	7·3	4·10	0·0	4·10	3·2

Man könnte glauben, dass die Erschlaffung der chemischen Wirkung in den tieferen Theilen der Sandschicht an der starken Exploitirung des

Sauerstoffs in der oberen Zone gelegen habe. Wäre diese Auffassung die richtige, so müsste ein Filter, bei welchem das durchlaufende Wasser das Porenvolumen nicht vollständig ausfüllt, sondern nur an den Sandkörnern herabrieselt, an Wirksamkeit jedes andere übertreffen, da die durch Absorption hervorgebrachten Verluste an Sauerstoff von der überall im Sande circulirenden Luft mit Leichtigkeit würden gedeckt werden. Die experimentelle Entscheidung der Frage machte keine Schwierigkeiten. Ein Filtergefäss (Nr. IX) von gleichem Querschnitt wie die vorhin genannten erhielt eine mit Nr. IV nach Qualität und Quantität vollkommen übereinstimmende Füllung (700 mm dicke Sandschicht aus mässig bacterienhaltigem Sande). Statt eines dichten Bodens wurde ein feines Drahtgeflecht eingesetzt und auf dieses unmittelbar der Sand gelagert. Das aus dem Sande austretende Wasser konnte frei abtropfen und wurde nur gelegentlich beim Nehmen der Proben durch einen breiten Trichter gesammelt. Die Zuleitung des Wassers auf die Oberfläche des Sandes erfolgte tropfenweise und in derselben Menge wie bei Filter Nr. IV entsprechend einer Filtrationsgeschwindigkeit von 50 mm pro Stunde. Dass es in der ganzen Schicht bis unten hin an Sauerstoff nicht fehlte, ergab die am 5. Januar (16 Tage nach Beginn des Versuches) ausgeführte Gasanalyse. Das auf das Filter tropfende Wasser enthielt 7·7 ccm Sauerstoff pro Liter, das ausfliessende oder vielmehr abtropfende 7·1 ccm. Ein Verlust an Sauerstoff hatte also eigentlich kaum stattgefunden. Trotzdem äusserte die durchlüftete Schicht auf die gelösten organischen Stoffe keine grössere Wirkung als die ihr äquivalente des Filters Nr. IV, in deren unteren Theil nur wenig Sauerstoff gelangt war.

	Filtrir-Geschw. Millimeter pro Liter	Oxydirbarkeit, Theile K. P. pro Liter			Sauerstoffgehalt am 5./1. ccm	Verlust an Sauerstoff ccm
		23./12.	28./12.	5./1.		
Unfiltr. Spreewasser	—	22·6	22·9	21·3	7·7	
Filter Nr. IV	50	19·4	19·0	17·5	3·9	3·8
„ „ IX	50	19·2	19·2	18·8	7·1	0·6
„ „ X	50	22·5	23·1	21·0	5·1	2·6

Bei beiden Filtern (Nr. IV und Nr. IX) war die Anzahl und Vertheilung der Bacterien die nämliche und der Aufenthalt des Wassers im Sande ein gleich langer. Die Uebereinstimmung dieser Stücke war es, die dasselbe Resultat herbeiführte, gleichviel ob Sauerstoff in grösserer oder geringerer Menge zugegen war; es ist das ohne Weiteres einleuchtend, wenn man erwägt, dass viele, vielleicht sogar die meisten der im Wasser lebenden Mikroorganismen facultativ aërob und anaërob sind und somit zur Entfaltung ihrer Thätigkeit nicht unbedingt Sauerstoff nöthig haben.

Wie wenig der Sauerstoff an sich selbst, auch wenn er im Ueberschuss vorhanden ist, ausrichtet, das bezeugt das in obiger Zusammenstellung mit erwähnte Filter Nr. X, welches ebenso wie das Filter Nr. IX zugestellt und betrieben wurde, mit der alleinigen Modification, dass der Sand vor seiner Benützung sterilisirt worden war. Die darauf bezüglichen Zahlen stimmen derartig mit denen, welche die Oxydirbarkeit des unfiltrirten Spreewassers ausdrücken, überein, dass von scharf erkennbaren Unterschieden gar keine Rede ist.

Werfen wir nochmals einen Blick auf die Tabelle S. 151 zurück, welche uns den Antheil der verschiedenen Zonen des bacterienhaltigen Versuchsfilters Nr. XI an der Gesammtleistung vor Augen führte. Sie besagt erstens: dass die chemische Wirkung der tieferen Schichtenglieder schwächer und schwächer wurde, und zweitens: dass nach Reduction der organischen Substanz auf einen gewissen Betrag keine weitere Verminderung derselben durch Bacterien mehr herbeigeführt wurde. Da dieses, wie wir gesehen haben, nicht an etwaigem Sauerstoffmangel gelegen haben kann, so bleibt als einzig möglicher Grund der übrig, dass schliesslich die Nährstoffe ausgegangen sind. Auf die Consumenten der niederen Zonen kamen nur die Reste davon und jede tiefere Zone empfing weniger als die vorangegangene obere, bis endlich für die unterste so gut wie nichts mehr übrig blieb. Wir können demnach behaupten: der nach hinlänglich ausgedehnter Filtration im Wasser noch zurückbleibende, nahezu constante Rest von organischer Substanz besitzt keinen Nährwerth mehr und ist folglich nicht gährungs- oder fäulnissfähig. So stellt sich uns die Filtration, nach ihrer chemischen Seite betrachtet, vorwiegend als Gährungsprocess dar und darin beruhen sowohl ihre Vorzüge wie ihre naturgemässen Beschränkungen. Sie entfernt gerade denjenigen Theil der organischen Substanz aus dem Wasser, den der Chemiker als verdächtig bezeichnet, und dessen Beseitigung er als wünschenswerth hinstellt, sie ist dagegen machtlos gegen gefestete und nicht vergährbare Stoffe. Wo letztere in solcher Concentration vorkommen, dass die Brauchbarkeit des Wassers darunter leidet, müssen sie diesem vor seiner Filtration durch passend auszuwählende Mittel entzogen werden.

Nebenbei sei daran erinnert, dass im Vorhergehenden aus dem Verfolg eines biologischen Processes, als welchen man mit Recht die Filtration bezeichnen kann, eine Bestimmung abgeleitet wurde, welche mit Hülfe rein chemischer Untersuchungsmethoden nicht vollständig ausführbar ist. Ich meine die ungefähre quantitative Feststellung der gährungsfähigen Substanzen; z. B. am 28./12. war die Oxydirbarkeit des unfiltrirten Spreewassers 22·9 ^{mgrm} K. P. pro Liter. Der constante Rest, der nach sehr langsamer und lange währender Filtration verblieb, hatte die Oxydirbar-

keit 16·7 mgrm K. P. pro Liter. An gährungsfähiger Substanz war folglich eine Quantität vorhanden, welche sich durch die Oxydirbarkeit 22·9 minus 16·7 = 6·2 mgrm K. P. pro Liter kennzeichnen lässt. Wäre es mehr gewesen, so würde das letzte Glied der Reihe vom 28./12. in der zweiten Tabelle auf S. 152 nicht 0·0 gelautet haben, wodurch zweifellos constatirt war, dass die der untersten Zone einer dicken Sandschicht innewohnenden Bacterien oder Gährungserreger das Wasser nicht weiter zu ändern vermochten. Und es ist doch wohl nicht unlogisch, wenn man ein Mal versucht, gährungsfähige Substanzen nach dem Ergebniss effectiver Vergährung anstatt nach einzelnen, ihre Natur nur einseitig streifenden chemischen Reactionen zu beurtheilen.

Nicht Absorption, nicht Oxydation, sondern Consumtion ist nach der jetzt gewonnenen Auffassung der massgebende Factor bei der Sandfiltration, auf den wir unser Augenmerk zu lenken haben, wenn wir auf qualitative Verbesserung des Wassers ausgehen. Auf den ersten Blick will es bedauerlich erscheinen, dass der Sand im Vergleich zu anderen Filtrirmaterialien mit so schwachem Absorptionsvermögen ausgerüstet ist. Im Grunde genommen ist das jedoch weit eher ein Vortheil als ein Nachtheil; ja dieser Eigenthümlichkeit des Sandes ist es grossentheils zu danken, dass die Sandfiltration zu einem so vorzüglichen Werkzeug der Hygiene geworden ist. Würde sich die Sandschicht mit organischer Substanz stark imprägniren, so würde sie allmählich den Charakter eines Nährbodens annehmen und in sich selbst massenhaft Bacterien hervorbringen und zwar in allen ihren Theilen, die untersten Partieen nicht ausgenommen. Wie bedenklich es ist, wenn der untere Sand seinen ursprünglichen Reinheitsgrad allzu sehr einbüsst, ist bereits früher ausführlich dargelegt worden. Aber abgesehen von diesem Uebelstande, nachhaltige Wirkungen würden von der Absorption ja doch nicht zu erwarten sein. Sie kann dauernd nur aufrecht erhalten werden durch Oxydation und sinkt nach kurzer Zeit auf das äusserst winzige Maass zurück, welches die geringfügige Energie des spärlich vertretenen Sauerstoffs ermöglicht. Es ist daher vortheilhafter, dass es zu erheblichen Absorptionen bei Anfang des Filtrirens nicht erst kommt. Ganz ähnliche Nachtheile wie durch Absorptionen entstehen durch übermässig schnelles Filtriren. Zur Fäulniss geneigte Körperchen werden dabei massenhaft bis tief in die Sandschicht hineingetrieben, und ob die faulenden Substanzen dieses oder jenes Ursprungs sind, ändert an den schädlichen Folgen nichts. — Was Absorption und Oxydation gemeinschaftlich nicht vermögen, leisten uns mit Leichtigkeit die Bacterien, und indem sie das Wasser unaufhörlich mit sich bringt, liegt darin die sichere Gewähr, dass die reinigende Kraft des Filters nicht zum Erlahmen kommt. Das ist gewiss ein glücklicher Umstand, der uns

vieler Mühe überhebt und den wir nur in richtiger Weise zu benutzen brauchen, um die Vortheile davon zu geniessen.

Die Consumtion der Nährstoffe, da sie ein Ernährungsprocess ist, hängt ausser von der Anzahl der Consumenten auch von der Zeit ab, die diesen zur Einwirkung auf dasselbe Wasserquantum belassen wird. Es ist daher von Wichtigkeit, dass das Wasser längere Zeit in der bacterienreichen oberen Zone verweile. Was in dieser versäumt wird, lässt sich in den tieferen nur zum geringen Theile nachholen. Die Vorbedingung einer gründlichen Reinigung des Wassers im chemischen Sinne ist also wiederum Verlangsamung der Filtration, wohingegen die Verdickung der Schicht diesen Zweck nur wenig fördert und bei langsamen Geschwindigkeiten überhaupt einen überflüssigen und lästigen Ballast schafft. Die angeführten Versuche bestätigen das genugsam. Eine Schicht von 1400 ^{mm} Dicke leistete fast genau dasselbe wie eine andere von 2100 ^{mm} Mächtigkeit und die erstere übertraf wiederum verhältnissmässig um wenig eine solche, die nur 700 ^{mm} stark war. Ja das Filter Nr. VIII (siehe Tabelle S. 151) zeigte, dass eine aus recht reifem Sande gebildete Filterschicht schon bei 600 ^{mm} Dicke die gesammte gährungsfähige Substanz vernichtet. Zu bemerken ist, dass die angeführten Resultate bei der ausserordentlich langsamen Filtrirgeschwindigkeit von 50 ^{mm} pro Stunde erhalten worden; sie verschlechterten sich sofort beim Uebergange zu grösserer Geschwindigkeit, wie aus folgendem Beispiel zu ersehen ist. Das Spreewasser hatte am 17./2. 1889 eine Oxydirbarkeit von 20·6 ^{mgrm} K. P. pro Liter. Zwei kleine Versuchsfilter mit je 700 ^{mm} dicker Sandschicht wurden damit gespeist der Art, dass das eine pro Stunde 50 ^{mm}, das andere 200 ^{mm} Wassersäule abfiltrirte. Beim Filtrat des langsam arbeitenden Filters betrug die Oxydirbarkeit nur noch 13·9 ^{mgrm} K. P. pro Liter, bei dem des 4 Mal schneller laufenden dagegen 18·2 ^{mgrm}.

Die Züricher Berichte enthalten ebenfalls einiges schätzbare Material zur vorliegenden Frage. Dort ist neben der organischen Substanz immer mit besonderer Sorgfalt das albuminoide Ammoniak verfolgt worden, so dass wir nicht allein erfahren, was die Filter thatsächlich geleistet haben, sondern auch mit einiger Sicherheit beurtheilen können, ob das Wasser wirklich fertig, d. h. bis zur Grenze der Unveränderlichkeit filtrirt worden war.

Wir wissen bereits aus Früherem, dass im Jahre 1886 mit der grossen Geschwindigkeit von 7 ^{m} per Tag filtrirt wurde, dass diese aber im darauffolgenden Jahre auf 5 ^{m} ermässigt wurde. Hat nun die Verzögerung der Geschwindigkeit einen Einfluss auf die Qualität des Wassers ausgeübt, so muss er sich beim Vergleiche der Resultate herausstellen. In der That ergiebt sich bei weiterer Berechnung, dass die organischen Substanzen im

Wasser vor der Filtration (Seewasser).

Quartal	Organische Substanz Milligrm. pro Liter		Albuminoides Ammoniak Milligrm. pro Liter		Freies Ammoniak Milligrm. pro Liter	
	1886	1887	1886	1887	1886	1887
I. Quartal	23·51	23·37	0·036	0·050	leise Spur	Spur
II. „	25·55	23·23	0·047	0·050	Spur	0·013
III. „	21·92	23·48	0·044	0·054	0·019	0·023
IV. „	22·93	21·01	0·042	0·048	Spur	0·017
Durchschnitt	23·50	22·77	0·042	0·051		
Wasser nach der Filtration (Brauchwasser).						
I. Quartal	21·21	18·47	0·030	0·030	leise Spur	leise Spur
II. „	20·48	19·69	0·035	0·032	Spur	Spur
III. „	16·97	18·01	0·026	0·035	Spur	Spur
IV. „	18·23	15·71	0·030	0·031	leise Spur	leise Spur
Durchschnitt	19·20	17·97	0·030	0·032		

Jahre 1886 um 18·3 Procent, in 1887 aber um 21·5 Procent abgenommen hatten. Bei dem albuminoiden Ammoniak stellte sich eine Verringerung um 28·6 resp. 37·3 Procent heraus, welche Zahlen ziemlich genau im umgekehrten Verhältniss der angewendeten Geschwindigkeiten (5 : 7) stehen. So bedeutend wirkte schon eine geringfügige Ermässigung der Geschwindigkeit. Dass man jedoch bei grösserer Herabsetzung noch mehr zu erreichen im Stande gewesen wäre, erhellt aus dem grossen Rest von Albuminoid-Ammoniak, der nach der Filtration im Wasser verblieben war und der mehr als 60 Procent ausmachte.

Die in Berlin angestellten Wasseruntersuchungen haben sich auf das Ammoniak nicht so eingehend erstreckt. Meist ist der Ammoniakgehalt des Spreewassers geringer als 0·1 ^{mgrm} pro Liter, wesshalb er vernachlässigt wird. Im Februar 1886 stieg er ungewöhnlich hoch, so dass er die Aufmerksamkeit erregte und ich mich veranlasst fühlte, ihn eine Zeit lang genauer zu bestimmen, was zu folgendem Ergebniss führte:

1886	Ammoniak-Gehalt des Spreewassers		Nach der Filtration verschwundene Proc.
	vor der Filtration Milligrm. pro Liter	nach der Filtration Milligrm. pro Liter	Procent
6. Februar	0·65	0·1	85
9. „	0·35	leise Spur	92
12. „	0·43	0·033	mehr als 88
14. „	0·24	weniger als 0·03	85
17. „	0·26	0·06	mehr als 90
19. „	0·28	weniger als 0·03	„ „ 90
23. „	0·26	„ „ 0·03	„ „ 90
25. „	0·25	sehr leise Spur	„ „ 90

Mehr als 90 Procent des ursprünglichen Ammoniaks wurden in diesem Falle durch die Filter getilgt. Es konnte aber auch eine ungewöhnlich lange Zeit auf die Filtration verwendet werden. Das alte Berliner Wasserwerk erfreute sich damals nach inzwischen erfolgter Erweiterung des Tegeler Werkes einer grossen Entlastung. Zur Bewältigung eines täglichen Wasserquantums von circa 30,000 ^{cbm} standen gegen 37,000 ^{qm} Fläche zur Verfügung, so dass die durchschnittliche Filtrirgeschwindigkeit auf 30 ^{mm} herabsank und die Maximalgeschwindigkeit 50 ^{mm} auch nicht überstieg.

Für die Praxis sind diese Bedingungen, unter denen der biologische Effect zu einem vollständigen wird, noch allzu erschwerte; sie kann sich in Anbetracht ihrer heutigen Ausübung so geringe Geschwindigkeiten wie dazu gehören, nicht gestatten, namentlich dann nicht, wenn man aus klimatischen Gründen genöthigt ist, die Filterfläche zu überbauen. Derartige Anlagen unterliegen hinsichtlich ihrer Flächenausdehnung grossen Beschränkungen und müssen mit Rücksicht auf ihre hohe Kosten energischer ausgebeutet werden als offene. Man wird kaum daran denken können, sie mit weniger als 100 ^{mm} Geschwindigkeit zu betreiben und dieses ist schon eine sehr weitgehende Betriebsrücksicht. — Das einzige Mittel, der mit grossen Geschwindigkeiten verbundenen Abschwächung des biologischen Effectes entgegenzuwirken, ist die Verdickung der Sandschicht. Suchen wir dafür nach einem rationellen Maassstab, so finden wir ihn darin, dass es unter allen Umständen wünschenswerth bleibt, das Wasser möglichst wenig Nährstoffe in die unteren Partieen der Sandschicht einführen zu lassen, damit dort für Mikroorganismen ungünstige Lebensbedingungen bestehen bleiben. Der Weg, nach dessen Zurücklegung das Wasser diese Qualität erlangt, lässt sich durch Versuche ermitteln; man muss dasselbe mit der normirten Geschwindigkeit so lange filtriren, bis die Oxydirbarkeit sich nicht mehr vermindert. Man darf sich aber nicht vorstellen, dass die Massen einfach in demselben Verhältniss zu vermehren sind, wie man das Tempo bei der Filtration schneller werden lässt. Denn wenn man z. B. von zwei verschiedenen Filtern den einen mit 100 ^{mm}, den andern mit 200 ^{mm} Geschwindigkeit arbeiten lässt, dafür aber dem letzteren eine doppelt so dicke Schicht giebt, wie dem ersten, so ist zwar bei beiden die Berührungsdauer des Wassers mit dem Sande die gleiche, aber der massgebende Aufenthalt im Concentrationspunkte der Bacterien ist bei dem schneller laufenden Filter nur halb so gross, wie bei dem langsamer arbeitenden, und von dieser Stelle gehen doch die energischen Angriffe aus. Aus diesem Grunde, sowie aus schon angegebenen früheren haben wir ein Filter mit dicker Sandschicht, durch welche schnell filtrirt wird, nicht als gleichwerthig zu erachten mit einem anderen, durch dessen Schicht das Wasser sich langsam hindurchbewegt.

Nachdem wir gesehen haben, dass eine Sandschicht von 0·6 ^{m} Dicke bei 50 ^{mm} Filtrations-Geschwindigkeit aus einem so stark verunreinigten Wasser, wie es das rohe Spreewasser zu Zeiten ist, die gährungsfähigen Stoffe fast vollständig entfernt, können wir diese Schichtenstärke für gewöhnliche Fälle, langsame Filtration vorausgesetzt, als ausreichend erachten. Bei 100 ^{mm} Geschwindigkeit empfiehlt es sich, die Dicke der Schicht grösser zu nehmen, etwa 0·9 bis 1 ^{m}. Darüber hinaus wird man bei künstlichen Anlagen ja doch schwerlich können. Für so übertriebene Geschwindigkeiten wie 200 oder gar 300 ^{mm} pro Stunde lassen sich convenirende Wegstrecken nicht herstellen. Die Filtration artet alsdann zu einem rohen Processe aus, dessen Resultate nothwendig mit Mängeln behaftet bleiben müssen.

Es wäre verfehlt, hinsichtlich der nothwendigen Dimensionen einer Sandfilteranlage allgemein gültige Normen aufstellen zu wollen. So wie der Arzt bei Anwendung eines Heilverfahrens individualisiren muss, so hat auch der Hydrologe in jedem speciellen Falle die Besonderheit der Aufgabe streng zu beachten und nach dem Ergebniss ausgedehnter Vorversuche eine Entscheidung darüber herbeizuführen, ob man von anzulegenden Filtern eine volle Leistung beanspruchen oder sich mit einer zum Theil unfertigen begnügen will.

Obschon bei der künstlichen Filtration wegen der kurzen Zeit, die das Wasser mit dem Sande in Berührung bleibt, directe Oxydationswirkungen ausgeschlossen sind, oder doch wenigstens über belanglose Anfänge nicht hinauskommen, kann es bei der Inangriffnahme hydrologischer Probleme gelegentlich von Werth sein, von dem Wirkungsgrade des Sauerstoffes eine ungefähre Vorstellung zu besitzen. Zu diesem Zwecke unternahm ich folgendes Experiment. Das aus dem S. 150 erwähnten Filter Nr. XI, dessen Sandschicht 2100 ^{mm} dick war, abfliessende Wasser wurde in sorgfältig gereinigten Gefässen aufgesammelt, mit Luft gesättigt und darauf nochmals ebenso langsam (50 ^{mm} pro Stunde) filtrirt durch eine aus zwar gereinigtem aber nicht sterilisirtem Sande bestehende Schicht von 2800 ^{mm} Dicke. Es hatte also beim Verlassen des zweiten Filters im Ganzen einen Weg von fast 5 ^{m} Länge zurückgelegt und sich über 30 Stunden im Sande aufgehalten. Die Prüfung des endgültigen Filtrates ergab die Oxydirbarkeit 18·0 ^{mgrm} K. P. pro Liter, während diejenige des benutzten rohen Spreewassers 26·3 ^{mgrm} war. Tragen wir über einer horizontalen Linie *AD*, welche den zurückgelegten Weg darstellt, die an einzelnen Stationen gefundenen Oxydirbarkeiten des Wassers ausgedrückt nach Theilen K. P. pro Liter auf, so erhalten wir eine Curve, die zuerst sehr schnell und bald darauf äusserst langsam sich abflacht.

Auf der ganzen Strecke CD von fast 3^{m} Länge verminderte sich die Oxydirbarkeit nur um 0·5^{mgrm} K. P. pro Liter in einer Zeit von beinahe 20 Stunden. Welchen weiten Weg müsste also das Wasser zurücklegen, um sich auf diese Weise vollständig zu reinigen. Er würde, wenn man nach obigen Zahlen rechnen wollte, mehrere Hundert Meter betragen. Und dabei ist noch die Frage, ob die geringe Veränderung auf der Strecke CD ausschliesslich dem Sauerstoff zuzuschreiben ist, oder ob nicht Bacterien noch einigen Antheil daran hatten. An Sauerstoff hat es, wie ausdrücklich bemerkt werden soll, nicht gefehlt; denn das bei C angekommene und angehaltene Wasser hatte nach gründlicher Durchlüftung 7·8^{ccm} pro Liter aufgenommen und dann erst seinen Filterweg fortgesetzt.

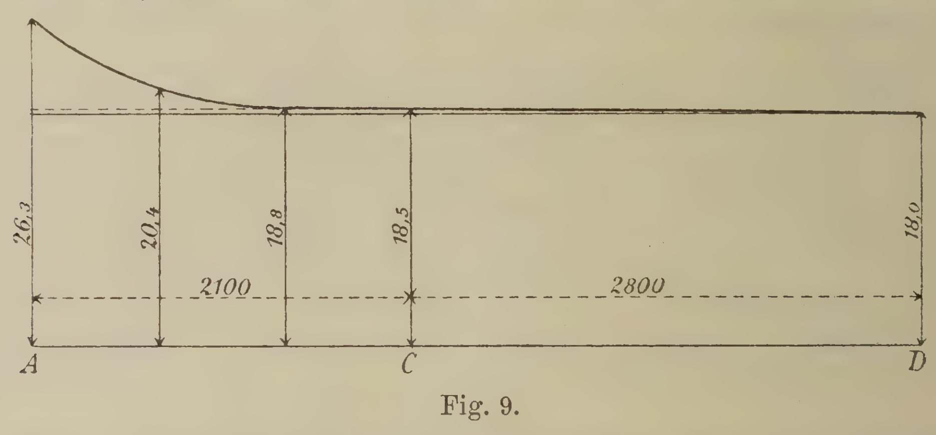


Fig. 9.

Man ist im Allgemeinen sehr geneigt zu der Meinung, dass feinkörniger Sand sich für die Filtration besser eigne als scharfer oder grobkörniger. Mit dem Feinheitsgrade wächst allerdings sehr bedeutend die Oberfläche, welche die Sandkörner insgesammt repräsentiren; ebenso werden die Canälchen um Vieles enger. Es lässt sich nicht bestreiten, dass dadurch die Zurückhaltung feiner Trübungen erleichtert wird. Durch Auswahl feineren Kornes geschieht für die mechanische Reinigung des Wassers dasselbe wie durch Verlängerung des Filterweges, indem eine grosse Vermehrung der Aufhängepunkte stattfindet. Der feine Sand ist nach dieser Richtung ein Mittel, grosse Dicke der Sandschicht zu umgehen. Im Uebrigen ist feiner Sand den grobkörnigen Varietäten durchaus nicht überlegen. Er ist im sterilen Zustande ebenso unfähig wie diese ein bacterienfreies Filtrat zu liefern und muss ebenfalls erst mit der Zeit jene charakteristische Beschaffenheit annehmen, die wir als Reife bezeichneten.

Die zur Erhaltung der Filtrations-Geschwindigkeit erforderlichen Drucke nehmen mit dem Feinheitsgrade des Sandes schnell zu. Das Zunahme-Verhältniss bei gleicher Schichtenstärke fanden wir S. 121 vom grobkörnigen zum feinkörnigsten Sande aufsteigend wie

$$1 : 1·66 : 3·33 : 10$$

und berechneten daraus weiter unter Benützung der Coëfficienten k die Drucke, die in einzelnen praktischen Fällen im Sande absorbirt werden. Für eine Filtrations-Geschwindigkeit von 100^{mm} und $0 \cdot 6^{m}$ Schichtenstärke variiren dieselben zwischen $54 \cdot 6$ bis 546^{mm}, je nachdem grobkörniger oder sehr feinkörniger Sand zur Filtration dient. Diese in der Tabelle S. 121 specieller angegebenen Drucke sind die Anfangsdrucke, unter welche ein Filter versetzt werden muss, um von vornherein die ihm vorgeschriebene Leistung zu erzielen. Lassen wir nun im Verlaufe der Filtration den Druck behufs Ueberwindung der in der Schlammdecke hinzutretenden Hindernisse um einen gewissen Maximalbetrag, vielleicht um $0 \cdot 6^{m}$ anwachsen, so ist der Druck am Ende einer Periode bei dem grobkörnigen Sande $54.6 + 600 = 654 \cdot 6^{mm}$, bei dem sehr feinen $546 + 600 = 1146^{mm}$.

Auf die Unzuträglichkeit so hoher Drucke haben wir schon S. 142 ff. aufmerksam gemacht, sofern es sich um die Aufrechterhaltung hygienischer Gesichtspunkte handelt. Die Schlammdecke unterliegt gleich von Hause aus stärkeren Pressungen und die sonst erst bei Ende einer Periode auftauchenden Uebelstände machen sich viel früher, ja bei sehr feinem Sande während der ganzen Dauer der Periode geltend. Weit entfernt, dass uns der feine Sand der Rücksicht auf die Geschwindigkeit überhebt, stellt er dieselbe erst recht in den Vordergrund; denn um mit mässigem Drucke die Periode abschliessen und also mit niedrigem Drucke beginnen zu können, muss jetzt die Geschwindigkeit sehr eingeschränkt werden. Die bacteriologischen Untersuchungen haben wenig zu Gunsten des feinen Sandes gesprochen. Seine Leistungen übertrafen bei gleichen Filtrations-Geschwindigkeiten nicht diejenigen des grobkörnigen Sandes, und der letzte Abschnitt der Periode verlief in der Regel unbefriedigender.

Zu Einwirkungen auf die Qualität des Wassers ist der feine Sand auch weniger geeignet als der grobe. Eine Schicht feinen Sandes reducirte die Oxydirbarkeit des Wassers nicht in gleichem Grade wie eine mit derselben Geschwindigkeit durchlaufene aus grobkörnigem Sande. Nachdem wir die Verminderung der organischen Substanz als eine Folge der Consumtion und nicht der Absorption eingesehen haben, liegt die Erklärung auf der Hand. Je feinkörniger der Sand ist, desto weniger tief dringen die Schmutzpartikelchen ein; die Bacterien sammeln sich zumeist an der Oberfläche des Sandes oder dringen wenig über diese hinaus. Die Vertikalausdehnung der bacterienreichen Zone wird zu einem Minimum und in Folge davon kommt das Wasser mit dem Gros der Bacterien zu kurze Zeit in Berührung. Zur Erläuterung dieses Punktes führe ich aus den im Anhange enthaltenen Ermittelungen ein Beispiel an. Am 20./7. hatte das Spreewasser die Oxydirbarkeit von $29 \cdot 9^{mgrm}$ K. P. pro Liter,

Dieselbe wurde reducirt bis auf 20·8 von einer 1400 mm dicken Schicht groben Sandes, dagegen nach Verlauf derselben Zeit nur bis 23·9 von einer ebenso dicken Schicht sehr feinen Sandes. (Die Filtrations-Geschwindigkeit war 50 mm.)

Druckcurven für die fünf Sande Nr. I bis V der Scala. (1/22 nat. Grösse.)

Fig. 10.

Auch praktische Gründe, worauf ich gelegentlich zurückkommen werde, stellen sich der Benützung übermässig feinen Sandes entgegen. Als brauch-

bar für die Filtration können wir nur die beiden Sandsorten Nr. II und III der Eingangs aufgestellten Scala, die wir als grob resp. scharf bezeichnet haben, erklären und in der Praxis kommen thatsächlich keine anderen vor.

Druck- u. Durchlässigkeitscurven für die fünf Sande Nr. I bis V der Scala. (1/220 nat. Grösse.)

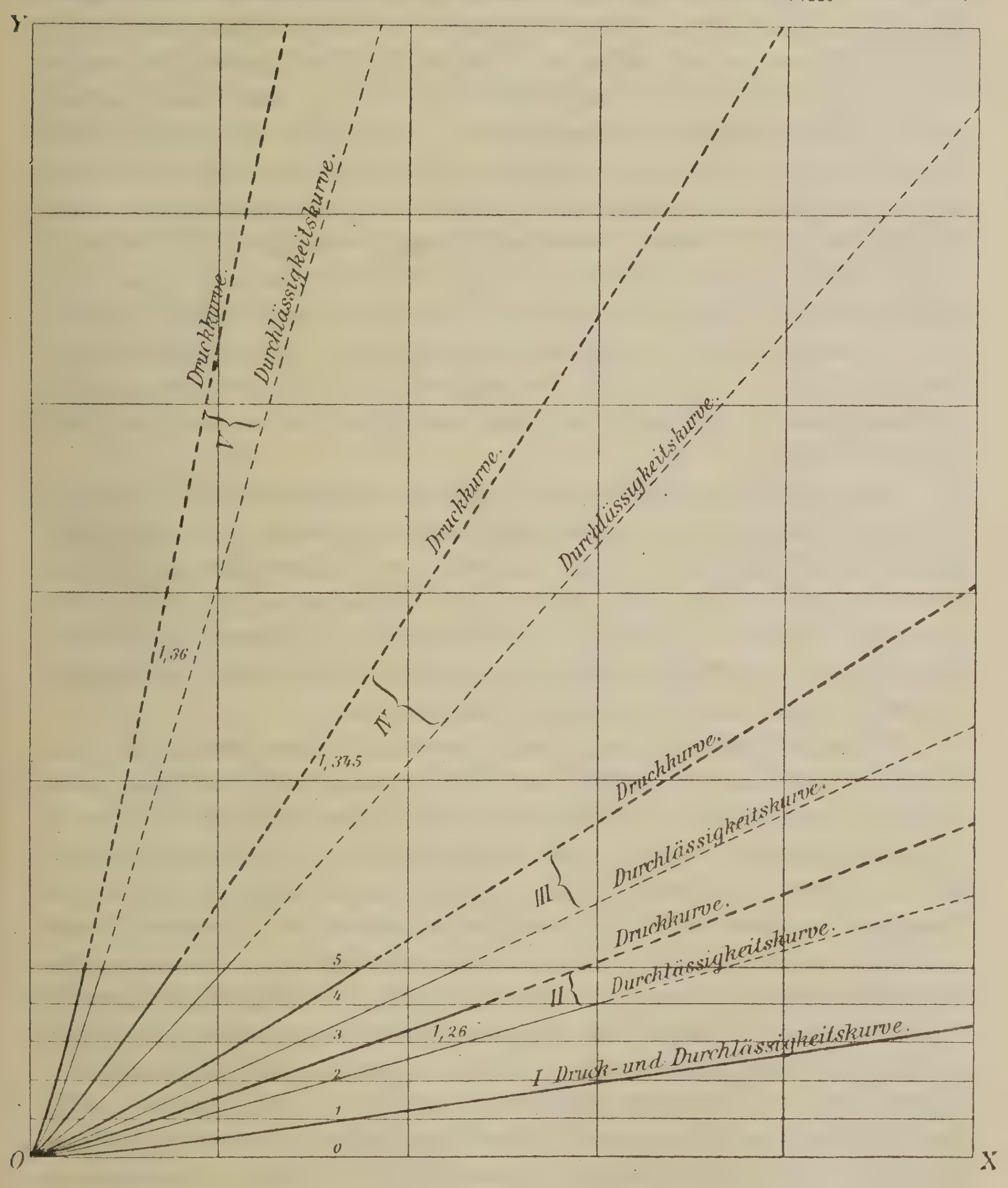


Fig. 11.

Von allen Seiten wird zugestanden, dass wir im Filtrationsprocess ein ausgezeichnetes Werkzeug der Wasserverbesserung besitzen. Wie viel

damit effectiv erreicht wird, hängt wesentlich von seiner Handhabung ab. Die vornehmste Grundbedingung, der wir ohne Aufhören begegneten, als wir die Wirkungsweise eines Filters eingehend prüften, war möglichste Verlangsamung der Geschwindigkeit des Wassers. Das Beispiel des alten Berliner Wasserwerkes vor dem Stralauer Thor führte vor Augen, wie weit man darin gehen muss, wenn man ein bacterienreiches und stark verunreinigtes Flusswasser mit alleiniger Hülfe der Filtration genussfähig machen will. Um derartige Wässer mit Erfolg zu behandeln, muss man den biologischen Wirkungsgrad auf das Aeusserste anspannen; da derselbe jedoch eine Function der Zeit ist, so findet die Ausbeutung der biologischen Kräfte sehr bald ihre Grenze an der räumlichen Beschränkung, der unsere Anlagen wegen der hohen Herstellungskosten unterliegen. Es bleibt der weiteren Entwickelung überlassen, dieses Hemmniss zu beseitigen. Verbesserungen im Betriebe werden viel dazu beitragen können. Vorläufig wäre es indessen schon ein grosser Gewinn, wenn nach allgemeiner Ausbreitung hygienischer Einsicht der eingewurzelte und unwissenschaftliche Schematismus verschwände, von dem die Praxis leider noch zu häufig beherrscht wird.

Nächst der Geschwindigkeit erschien uns die Regulirung und namentlich die Vermeidung höheren Druckes besonders wichtig. Die Beherzigung dieses Grundsatzes führt zu nicht unerheblichen Verkürzungen der Perioden und dadurch zu einem Widerspruch mit ökonomischen Interessen. Hier haben wir es aber mit leichter zu überwindenden Hindernissen zu thun. Eine kleinliche und falsche Sparsamkeit wird sich rationellen Grundsätzen gegenüber nicht dauernd aufrecht erhalten lassen.

Wenn wir im Vorhergehenden immer und immer wieder die Langsamkeit der Filtration betonten und diese quasi als die Seele des ganzen Processes hinstellten, so ist das im Grunde genommen nichts weiter als ein Eingeständniss, dass wir nach Möglichkeit den vorbildlichen Vorgängen in der Natur nachzustreben suchen. Aber welche Kluft uns bei aller Anstrengung von diesem Ziele trennt, zeigt sogleich ein einfaches Rechenexempel. Betreiben wir ein Filter mit der permanenten Geschwindigkeit von 100^{mm} pro Stunde, so versinken auf 1^{qm} Filterfläche pro Tag $24 . 0{\cdot}1 = 2{\cdot}4^{cbm}$ Wasser und im Laufe eines Jahres, wenn wir von den im Ganzen doch geringfügigen Betriebspausen absehen, $365 . 2{\cdot}4 = 876^{cbm}$. Selbst wenn wir die Geschwindigkeit bis auf das äusserste Maass, das vorläufig in die Praxis noch nicht eingeführt ist, bis auf 50^{mm} herabsetzen, so hat 1^{qm} Filterfläche immer noch die Hälfte obigen Quantums, also 438^{cbm}, zu bewältigen. Wie klein sind im Vergleich zu diesem Quantum die Regenmengen, welche den Quadratmeter Oberfläche eines Naturfilters netzen und von denen doch wieder nur ein Theil in den Boden eindringt.

In dieser grossen Entlastung des Naturfilters ist es begründet, dass er dem künstlichen an Leistungsfähigkeit bei Weitem überlegen ist. Die ihm innewohnenden Naturkräfte vermögen ihre Wirkung auf eine kleine Wassermenge zu concentriren, ohne dass es je an Zeit dazu gebrechen könnte und die langen Filterwege, welche das Wasser bis nach der Fassungsstelle zurückzulegen hat, ermöglichen auch der Absorption und Oxydation eine ausgiebige Betheiligung an seiner Reinigung. Allein den Bacterien ist es zu danken, dass das Kunstfilter in einigen Stücken, glücklicher Weise in den wichtigsten, mit dem Naturfilter concurriren kann, und insofern besitzen wir in diesen gefürchteten Organismen ein sehr werthvolles und leistungsfähiges Werkzeug. Mit ihrer Hülfe machen wir das Wasser keimfrei und entziehen ihm vorzugsweise diejenigen Stoffe, die geeignet sind, ihm widerwärtige Eigenschaften zu verleihen. Sind wir nun bei der Auswahl der Bezugsquelle für eine Filteranlage vorsichtig, indem wir Oberflächenwässer von mässiger Verunreinigung aufsuchen und sie womöglich unter scharfe Controle nehmen, so schrumpft die Ueberlegenheit des Naturfilters mehr und mehr darauf zusammen, dass es im Stande ist, dem Wasser neben der Reinheit noch erfrischende Eigenschaften zu ertheilen. Das vermag das Kunstfilter nicht selbstthätig zu verrichten, und darin besteht allerdings ein zu Zeiten recht empfindlicher Mangel desselben, über den uns auch keine Hülfsmittel in Anbetracht der Kosten, die sie verursachen würden, hinweghelfen. Dagegen hat das Kunstfilter vor dem Naturfilter auch einige specifische Vorzüge voraus. Erfüllt es auch nicht alle unsere Wünsche, so befriedigt es doch bei verständiger Anlegung eins der fundamentalsten Lebensbedürfnisse in durchaus sicherer und der Gesundheit zuträglicher Weise. Die zu Gebote stehenden Vorräthe an Oberflächenwasser sind in der Regel so gross, dass sie für die Zwecke der Filtration ad libitum in Anspruch genommen werden dürfen. Ein Wassermangel kann also kaum vorkommen und ferner macht es keinerlei Schwierigkeiten, die zu fördernden Wassermassen auf einen Punkt hinzulenken. Die dauernde Deckung grossen Wasserbedarfs durch Sammlung von Quell- oder Grundwasser lässt sich im Allgemeinen nicht auf ebenso sichere Grundlage stellen. Wo nicht günstige Gefälleverhältnisse und leicht durchlässige Schichten vorhanden sind, ist sie überhaupt in grösserem Massstabe schwer durchführbar. Städte, die sehr beträchtliche Wassermassen brauchen, werden das Kunstfilter, und sei es auch nur zur Aushülfe, schwerlich entbehren können. Uebrigens ist das Naturfilter, was qualitative Leistung anbetrifft, auch nicht unbedingt jeder Aufgabe gewachsen. Erfährt das Grundwasser eine starke Verunreinigung durch organische Substanzen, die sich nicht als Nährsubstanzen qualificiren, erhält es z. B. aus Sümpfen und Morästen eine starke Zufuhr humöser

Substanz, so wird dieselbe bei Zurücklegung sehr langer Filterwege höchstens nach Massgabe des mitgeführten Sauerstoffs getilgt. Der zurückbleibende Rest kann aber, wie man in der Umgegend von Berlin sehr häufig erfahren muss, genügen, das Wasser unbrauchbar zu machen. Ich beabsichtige auf diese Vorgänge, soweit sie von hydrologischem Interesse sind, erst an späterer Stelle ausführlicher einzugehen.

Zusammenstellung,

enthaltend die Resultate einer Anzahl von Versuchen zum Zwecke der Ermittelung, welchen Einfluss Masse, Korngrösse und Reinheit des Sandes auf die Filtration haben.

I. Versuch.

Ein geräumiges Filtergefäss erhielt, nachdem es sorgfältig mit Sublimat ausgewaschen worden, eine Füllung, bestehend aus sterilisirtem scharfen Sand. Die Schicht war 1500 mm dick. Das Filter blieb mit der mittleren Filtrationsgeschwindigkeit von 100 mm einige Monate fordauernd im Betriebe.

I. Periode.

	Zahl der Pilzkeime			
	vor der Filtration		nach der Filtration	
	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm
30./8.	4200	2250	43105	22485
31./8.			60000	—
1./9.			57600	38880
2./9.			verlaufen	
3./9.	5445	2028	40500	21870
5./9.			23220	11610
6./9.			13617	5917
7./9.			9750	5005
8./9.			15048	8249
9./9.	31500	13650	17324	13650

II. Periode.

	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm
12./9.	4240	2555	10890	4960
13./9.	10857	5822	6642	2304
14./9.	2700	1600	3330	1460
15./9.	4485	2470	3465	1364
16./9.	12936	5880	2920	1650
17./9.	13608	6840	7920	2914
18./9.	16650	6500	2880	960

IV. Periode.

	Zahl der Pilzkeime			
	vor der Filtration		nach der Filtration	
	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm
28./9.	6336	1690	2320	1045
29./9.	41580	18144	3600	1929
30./9.	verl.	17110	1215	616
6./10.	16000	8062	2480	1380
10./10.	47385	17820	620	370
14./10.	8770	—	268	—
17./10.	12546	—	250	—

V. Periode.

	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm
20./10.	11852	5368	1925	949
22./10.	12420	—	2243	1045
27./10.	verlaufen		86	41
30./10.	—	8975	42	21
2./11.	—	5940	84	38
7./11.	13825	8550	280	72
13./11.	21018	12800	183	51

III. Periode.

	Zahl der Pilzkeime			
	vor der Filtration		nach der Filtration	
	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm
21./9.	8465	4380	3384	2133
22./9.	73440	30051	7680	3905
23./9.	69300	28800	2668	1102
26./9.	38610	14400	1044	552

Bemerkung.

Zahl der Pilzkeime			
vor der Filtration		nach der Filtration	
1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm

Wegen inzwischen eingetretenen Frostes wurde das Filter, da es im Freien stand, angehalten und entleert.

II. Versuch.

Zwei Filter Nr. I und II erhielten je eine 1400 mm dicke Schicht, bestehend aus mässig grobkörnigem Sande. Das zur Füllung von Nr. II verwendete Material wurde vorher sterilisirt und das Filtergefäss mit Sublimat ausgewaschen. Die mittlere Filtrations-Geschwindigkeit betrug 50 mm.

	Zahl der entwickelungsfähigen Pilzkeime						Oxydirbarkeit			Sauerstoffgehalt		
	vor der Filtration		nach der Filtration Filter I		Filter II		vor der Filtr.	nach d. Filtr. Filt. I	Filt. II	vor d. Filtr.	nach d. Filtr. Filt. I	Filt. II
	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm	Theile K. P. pro Lit.			red. Ccm. pro Liter		
22./12.	30044	16680	108000	82152	6630	3534	23·0	17·6	24·8			
23./12.	36792	15832	6300	3030	verlaufen		22·6	18·2	—			
28./12.	22680	9828	3900	—	169300	94500	22·9	16·7	22·9			
5./1.	117000	63684	216	119	136800	60000	21·3	16·8	21·9	7·4	0·7	—
15./1.	62840	31752	—	—	25200	12700	26·3	18·8	—	7·9	3·1	3·3
30./1.	—	—	—	—	4100	2300	—	—	—	—	—	—
13./2.	27918	12600	190	103	1610	624	18·1	14·1	15·6	7·3	3·7	3·8

III. Versuch.

Zwei Filter Nr. IV und V erhielten je eine 700 mm dicke Schicht, bestehend aus mässig grobkörnigem Sand. Das zur Füllung von Nr. V verwendete Material wurde vorher sterilisirt und das Filtergefäss mit Sublimat ausgewaschen. Filtrations-Geschwindigkeit 50 mm pro Stunde.

	Zahl der entwickelungsfähigen Pilzkeime						Oxydirbarkeit			Sauerstoffgehalt		
	vor der Filtration		nach der Filtration Filter IV		Filter V		vor der Filtr.	nach d. Filtr. Filt. IV	Filt. V	vor d. Filtr.	nach d. Filtr. F. IV	F. V
	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm	Theile K. P. pro Lit.			red. Ccm. pro Liter		
22./12.	30044	16680	26730	13680	8424	3841	23·0	19·0	24·0			
23./12.	36792	15832	—	—	—	—	22·6	19·4	22·8			
28./12.	22680	9828	5600	3300	verlf.	217600	22·9	19·0	22·0			
5./1.	117000	63684	2500	1203	„	78400	21·3	17·5	18·9	7·4	3·9	1·4
15./1.	62840	31752	281	169	17700	15900	26·3	20·4	23·2	7·9	4·8	4·4
30./1.	—	—	—	—	6930	3528	—	—	—	—	—	—
13./2.	27918	12600	83	39	970	434	18·1	—	15·4	7·3	3·2	3·2

IV. Versuch.

Zwei Filtergefässe Nr. VI und VII wurden mit feinem, resp. sehr feinem (nicht sterilisirtem) Sande beschickt. Die Stärke der Schicht war bei beiden 700^{mm}. Filtrations-Geschwindigkeit 50^{mm}.

	Zahl der entwickelungsfähigen Pilzkeime						Oxydirbarkeit			Sauerstoffgehalt		
	vor der Filtration		nach der Filtration Filter VI		Filter VII		vor der Filtr.	nach d. Filtr. F. VI	F. VII	vor d. Filtr.	nach d. Filtr. F. VI	F. VII
	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm	Theile K. P. pro Lit.			red. Ccm. pro Liter		
22./12.	30044	16680	30780	14976	verlaufen		23·0	22·0	21·3			
23./12.	36792	15832	—	—	—	—	22·6	21·6	20·7			
28./12.	22680	9828	22700	5200	12300	3900	22·9	21·4	21·1			
5./1.	117000	63684	10000	5400	12200	—	21·3	19·0	19·1	7·4	2·4	2·7
15./1.	62840	31752	6100	1600	7300	1600	26·3	—	—	7·9	—	—
30./1.	—	—	967	423	1980	720	—	—	—	—	—	—
13./2.	27918	12600	321	141	1960	840	18·1	—	—	7·3	—	—

V. Versuch.

Zwei Filter Nr. IX und X erhielten je eine 700^{mm} dicke Schicht, bestehend aus mässig grobkörnigem Sand. Das Material für X wurde vorher sterilisirt. Beide Gefässe hatten keinen Boden, sondern statt dessen nur ein Drahtgeflecht, durch welches der Sand in der Schwebe gehalten wurde. Das Wasser wurde tropfenweise in einer der Filtrations-Geschwindigkeit von 50^{mm} entsprechenden Menge zugeführt und rieselte frei an den Sandkörnern herab. Auf seinem ganzen Wege kam es dabei reichlich mit Luft in Berührung. Es waren ganz ähnliche Verhältnisse geschaffen wie beim Einziehen des Wassers in den Boden.

	Zahl der entwickelungsfähigen Pilzkeime						Oxydirbarkeit			Sauerstoffgehalt		
	vor der Filtration		nach der Filtration Filter IX		Filter X		vor der Filtr.	nach d. Filtr. F. IX	F. X	vor d. Filtr.	nach d. Filtr. F. IX	F. X
	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm	Theile K. P. pro Lit.			red. Ccm. pro Liter		
22./12.	30044	16680	19440	11165	14280	5110	23·0	—	—			
23./12.	36792	15832	—	—	—	—	22·6	19·2	22·5			
28./12.	22680	9828	22900	19800	587800	238000	22·9	19·2	23·1			
5./1.	117000	63684	7800	5800	142500	74000	21·3	18·8	21·0	7·4	7·1	5·1
15./1.	62840	31752	3700	4300	34300	10700	26·3	—	—	7·9	—	—
30./1.	—	—	684	306	10842	3375	—	—	—	—	—	—
13./2.	27918	12600	598	301	4050	1995	18·1	—	—	7·3	—	—

VI. Versuch.

Ein Filter Nr. VIII erhielt eine $0 \cdot 6^{\mathrm{m}}$ dicke Schicht aus recht reifem Sande, entnommen aus der obersten Lage eines grossen Filterbassins. Das durchlaufende Wasser sollte mit vielen Bacterien in Berührung gebracht werden. Ein anderes Filter Nr. XI hatte eine aus gewöhnlichem, zwar ausgewaschenem aber nicht bacterienfreiem Sande bestehende Schicht von $0 \cdot 7^{\mathrm{m}}$ Dicke und empfing das Wasser von dem Filter Nr. I, welches bereits einen Filterweg von 1400^{mm} Länge zurückgelegt hatte. Das Filtrat von Nr. XI stellte also die Gesammtleistung einer 2100^{mm} dicken Schicht dar. Die Filtrations-Geschwindigkeit, welche bei beiden Filtern zur Anwendung kam, war 50^{mm} pro Stunde.

	Zahl der entwickelungsfähigen Pilzkeime						Oxydirbarkeit			Sauerstoffgehalt		
	vor der Filtration		nach der Filtration Filter VIII		Filter XI		vor der Filtr.	nach der Filtr. F. VIII	F. XI	vor d. Filtr.	nach d. Filtr. F.VIII	F. XI
	1^{ccm}	$0 \cdot 5^{\mathrm{ccm}}$	1^{ccm}	$0 \cdot 5^{\mathrm{ccm}}$	1^{ccm}	$0 \cdot 5^{\mathrm{ccm}}$	Theile K. P. pro Lit.			red. Ccm. pro Liter		
22./12.	30044	16680	3700	2100	nicht untersucht	—	23·0	—	17·2	—	—	—
23./12.	36792	15832	—	—		—	22·6	16·8	—	—	—	—
28./12.	22680	9828	verlf.	4851		—	22·9	17·8	16·7	—	—	—
5./1.	117000	63684	—	—		—	21·3	16·2	—	7·4	1·2	—
15./1.	62840	31752	6800	2900		—	26·3	—	18·5	7·9	—	—
30./1.	—	—	657	378		—	—	—	—	—	—	—
13./2.	27918	12600	1017	608		—	18·1	14·5	—	7·3	1·7	—
27./2.	5360	2700	1215	618		—	—	—	—	—	—	—

VII. Versuch.

Zwei Filter Nr. XII und XIII erhielten je eine 1400^{mm} dicke Sandschicht. Zur Füllung des einen wurde mässig grobkörniger, zur Füllung des anderen feiner Sand (entsprechend Nr. 4 der Scala) verwendet. Sterilisirt wurde bei beiden die untere Hälfte der Schicht und zwar mit Hülfe einer Sublimatlösung, welche 24 Stunden lang darin stehen blieb. Es wurde erwartet, da der obere Sand reif, der untere steril war, dass die Filter nach kurzer Zeit befriedigend functioniren würden. Auch erschien es der Vollständigkeit wegen geboten, die im Winter unternommenen Versuche nochmals im Sommer zu wiederholen.

I. Periode, begonnen am 24./6.

	Zahl der entwickelungsfähigen Pilzkeime						Oxydirbarkeit			Sauerstoffgehalt		
	vor der Filtration		nach der Filtration Filter XII		Filter XIII		vor der Filtr.	nach der Filtr. F. XII	F. XIII	vor d. Filtr.	nach d. Filtr. F. XII	F. XIII
	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm	Theile K. P. pro Lit.			red. Ccm. pro Liter		
28./6.	39320	18576	122	—	606	—						
2./7.	10455	5576	342	69	682	384	32·6	23·4	26·4	4·3	0·3	0·16
6./7.	—	—	56	37	4095	1850						
12./7.	23790	11160	101	63	696	355						
	II. Periode, begonnen am 14./7.											
16./7.	14268	7182	496	228	wegen Schimmelp. nicht zählbar							
20./7.	—	—	20	8	1872	790	29·9	20·8	23·9	5·49	0·77	0·24
24./7.	—	—	75	missglückt	246	147						
27./7.	—	—	180	130	660	240						
30./7.	10800	4864	verlaufen		verlaufen							
	III. Periode, begonnen am 31./7.											
2./8.	20309	10074	132	51	209	112						
5./8.	—	—	172	77	132	67						
9./8.	—	—	240	96	420	182						
13./8.	3948	1898	120	56	306	168						

VIII. Versuch.

Zwei Filter Nr. XIV und XV erhielten je eine 700 mm dicke Sandschicht; bei ersterem bestand dieselbe aus grobkörnigem, bei letzterem aus feinkörnigem Sand. Die untere Hälfte wurde mit Sublimat sterilisirt.

I. Periode, begonnen am 24./6.

	Zahl der entwickelungsfähigen Pilzkeime						Oxydirbarkeit			Sauerstoffgehalt		
	vor der Filtration		nach der Filtration Filter XIV		Filter XV		vor der Filtr.	nach der Filtr. F. XIV	F. XV	vor d. Filtr.	nach d. Filtr. F. XIV	F. XV
	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm	1 ccm	0·5 ccm	Theile K. P. pro Lit.			red. Ccm. pro Liter		
28./6.	39320	18576	310	—	722	—						
2./7.	10455	5576	1764	936	840	385	32·6	25·2	28·1	4·3	0·23	0·97
6./7.	—	—	690	295	496	250						
12./7.	23790	11160	400	187	84	27						
	II. Periode, begonnen am 14./7.											
16./7.	14268	7182	1849	854	324	76						
20./7.	—	—	1466	680	1330	712	29·9	21·3	22·6	5·49	1·44	1·62
24./7.	—	—	560	352	219	192						
27./7.	10800	4864	720	372	196	75						
	III. Periode, begonnen am 31./7.											
2./8.	20309	10074	258	132	702	260						
5./8.	—	—	188	55	642	293						
9./8.	—	—	492	182	310	121						
13./8.	3948	1898	unsicher		385	190						



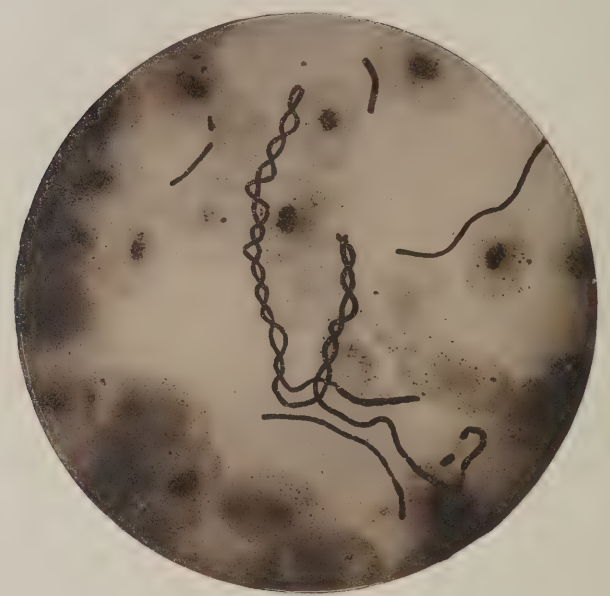


Fig. 1.



Fig. 2.

Verlag Veit

J. Petruschky, praep.

Glacédruck von



Fig. 3.



Fig. 4.

eipzig.

München,

Carl Fränkel phot.



[Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.]

Beiträge zur Aetiologie des Milzbrandes.

Von

Stabsarzt **Dr. Behring,**
Assistenten am hygienischen Institut in Berlin.

VI. Ueber asporogenen Milzbrand.

Die Fortpflanzung des Bacillus anthracis geschieht durch Theilung oder durch Bildung von eiförmigen Sporen und durch Auskeimen der Sporen in ihrer Längsrichtung.

Die Sporenbildung erfolgt in jedem guten Nährboden, wenn in demselben keine wachsthumsschädigenden Substanzen vorhanden sind, und zwar am schnellsten und ausgiebigsten bei Brüttemperatur; unter 20 und über 38° C. wird die Sporenbildung mangelhaft oder bleibt gänzlich aus.

Die Schnelligkeit und Regelmässigkeit der Sporenbildung und der Eintritt derselben überhaupt ist aber, ausser vom Nährboden, auch von der Natur der Milzbrandbacillen selbst abhängig.

Es giebt Milzbrandsorten, denen die Fähigkeit, Sporen zu bilden, gänzlich verloren gegangen ist.

Aus dem hiesigen hygienischen Institut wurde ein vollvirulenter, aber asporogener Milzbrand von Lehmann[1] beschrieben.

Ich selbst beobachte seit fünf, bezw. sechs Monaten zwei asporogene Milzbrandsorten, die ich aus sporenbildendem Milzbrand gezüchtet habe.

---

[1] K. B. Lehmann, *Ueber die Sporenbildung bei Milzbrand.* Vortrag, gehalten am 17. Mai 1887 in der Gesellschaft für Morphologie und Physiologie in München.

Der eine stammt von dem virulenten Milzbrand, welchen ich in *dieser Zeitschrift* Bd. VI, S. 133, sub I beschrieben habe, der andere von dem ebenda sub IIIa aufgeführten, durch 16 tägige Einwirkung höherer Temperatur in Flügge's Laboratorium abgeschwächten Milzbrand, der in seiner Virulenz einem II. Vaccin entspricht.

Bei letzterem gelang mir die Umwandlung in die asporogene Form früher als bei ersterem. Im Monat April hatte Hüppe auf seinen Wunsch durch Vermittelung von C. Fränkel eine Agarcultur desselben erhalten.

Beide asporogenen Formen haben den ursprünglichen Grad ihrer Virulenz bewahrt, jedoch mit der Modification, dass der virulente Milzbrand zwar noch grosse Kaninchen mit Sicherheit tödtet, aber erst nach vier bis sechs Tagen bei Impfung mit Blut oder Milzpulpa einer an diesem Milzbrand verendeten Maus; ebenso ist die Zeit, nach welcher Meerschweinchen an dem abgeschwächten asporogenen Milzbrand sterben, eine längere als bei der Stammcultur.

Ich bringe diese Differenz in Zusammenhang mit einer weiteren Veränderung, die beide Milzbrandsorten erlitten haben, und die darin besteht, dass sie stärkere reducirende Fähigkeit bekommen haben, als die Ausgangsculturen.

Die Umwandlung in die asporogene Form gelang mir durch zwei-, bezw. dreimonatliche Züchtung bei Zimmertemperatur in solcher Gelatine, von welcher ich annahm, dass Sporen in derselben nicht gebildet werden, ohne dass das Wachsthum darin aufhört.

Ganz genaue Vorschriften für die Zubereitung einer solchen Gelatine lassen sich nicht geben.

Es gilt hier ganz dasselbe, was ich[1] für die vorübergehende Verhinderung der Sporenbildung näher ausgeführt habe.

Ich habe dort gezeigt, dass im Allgemeinen der Wachsthumsaufhebung durch milzbrandentwickelungshemmende Mittel in sonst guten Nährböden eine andere Schädigung in morphologischer Beziehung voraufgeht, die in dem Ausbleiben der Sporenbildung ihren Ausdruck findet; der Art nämlich, dass ungefähr die Hälfte bis zwei Drittel derjenigen Menge einer antiseptisch wirksamen Substanz, die zur Wachsthumsaufhebung genügt, die Sporenbildung beinträchtigt oder aufhebt.

Bei der wechselnden Zusammensetzung unserer künstlich bereiteten Nährböden lassen sich ganz genaue Zahlen für den entwickelungshemmenden Werth der einzelnen Antiseptica nicht angeben. Von Einfluss auf denselben ist die Menge, die Herkunft und Beschaffenheit des Fleisches, welches für die Zubereitung der Bouillon benutzt wird, und die Dauer des Kochens

---

[1] *Diese Zeitschrift.* Bd. VI. S. 127.

der Bouillon; von wesentlichem Einfluss ist es ferner, ob heiss oder kalt filtrirt wird, welches der Grad der Säure oder der Alkalescenz vor dem Filtriren war u. s. w.

Es bleibt daher nichts übrig, als für jeden einzelnen Fall empirisch die Grenze festzustellen, bei welcher noch Wachsthum der Milzbrandbacillen, aber keine Sporenbildung mehr stattfindet.

In Wirklichkeit bin ich aber nicht durch eine solche Vorausberechnung, sondern auf folgendem Wege zum Ziele gekommen.

Im Januar d. J. stellte ich mir eine 8procentige Nährgelatine mit Fleischinfus, Pepton und Kochsalz her, in der vorzügliches Milzbrandwachsthum erfolgte. Von derselben füllte ich 60 Reagensgläser mit je 10 ccm.

Zu je vier Gläsern setzte ich nun verschiedene entwickelungshemmende Mittel hinzu: Salzsäure bis zu einem Säuregrad von 2,5 ccm Normalsäure in 100 ccm, Natronlauge bis 5 ccm Normallauge in 100 ccm, Rosolsäure bis zu starker Rosafärbung der alkalischen Gelatine, Lackmustinctur, Safranin 1:30,000, Methylviolett, Cyanin, Malachitgrün, die letzten drei Farbstoffe in einer Verdünnung von 1:200,000 bis 1:600,000.

So hatte ich 4 Serien à 15 Gläser, die ich nunmehr mit den vier Virulenzstufen derjenigen Milzbrandsorten impfte, die ich als die bestwachsenden bei längerer Beobachtung erkannt hatte. Das waren aber ausser den schon genannten beiden Sorten der im hiesigen Institut unter dem Namen „Mäusemilzbrand“ aufbewahrte und ein ganz abgeschwächter.

In mehreren Gläsern erfolgte überhaupt kein Wachsthum, so in keinem mit Malachitgrün-Zusatz; von den Cyaningläsern zeigte nur das mit ganz abgeschwächtem Milzbrand geimpfte nennenswerthes Wachsthum, wie überhaupt der ganz abgeschwächte Milzbrand viel weniger durch den Zusatz der genannten entwickelungshemmenden Substanzen geschädigt wurde, als namentlich der vollvirulente.

Iu einigen Gläsern war die Entwickelung eine ausserordentlich verlangsamte, um dann nach drei bis vier Wochen in ziemlich schnellem Tempo vorzuschreiten; das war besonders bei den Safraningläsern der Fall.

Manche Farbstoffe erlitten eine merkliche Veränderung; so wurde Lackmus, wenngleich sehr langsam, schliesslich fast bis zum Verschwinden der Farbe in den mit ganz abgeschwächtem und mit Mäusemilzbrand geimpften Gläsern entfärbt.

Nach zwei Monaten nahm ich die ersten Ueberimpfungen auf Agar vor und fand mehrere Culturen sowohl auf Agarplatte wie auf schräger Agarfläche, die auch bei längerer Beobachtungsdauer keine Sporen bildeten. Die meisten aber zeigten auf neuen Agar gebracht doch wieder mehr oder weniger vollständige Wiederkehr der sporenbildenden Fähigkeit.

Nur die beiden oben citirten Sorten, von denen der II. Vaccin aus einem Salzsäureglas mit 1 ccm Normalsäure pro 100 ccm, der virulente aus einem Rosolsäureglas herstammt, habe ich dann noch weiter beobachtet. Die Culturen mit höherem Säuregehalt waren abgestorben.

Bei dem virulenten Milzbrand erfolgte in der zweiten und dritten Agarcultur noch hier und da die Bildung glänzender Körper, die zwar keine Sporenfärbung annahmen, aber kaum anders wie als Sporen zu deuten waren; nachdem dieser Milzbrand aber mehr als 10 mal durch den Thierkörper hindurchgegangen ist, kann ich jetzt auch bei ihm durch keins der die Sporenbildung befördernden Mittel, auch nicht durch Kalkpräparate, es erreichen, dass er Sporen oder sporenähnliche Gebilde producirt. Gegenwärtig werden beide asporogene Milzbrandsorten auch von Stabsarzt Pfeiffer fortgezüchtet.

Beide asporogene Formen degeneriren auf Culturen im Brütschrank sehr schnell; schon nach vier bis sechs Tagen findet man fast nur noch Involutionsformen auf schrägen Agarflächen. Dieselben behalten aber ihre Lebens-, bezw. Fortpflanzungsfähigkeit noch mehrere Wochen; in frische Nährböden gebracht, wachsen sie schnell wieder aus, aber auf Mäuse verimpft, tödten sie dieselben nicht so schnell wie frische Culturen. Lässt man Agar- oder Bouillonculturen länger als 3 bis 4 Wochen im Brütschrank stehen, so sterben sie ab und tödten Mäuse nicht mehr, auch wenn sie in reichlicher Menge verimpft werden.

Nach langdauernden und vielfach modificirten Versuchen kann ich jetzt als gesichertes Resultat über die Sporenbildung Folgendes behaupten.

Die Sporenbildung ist ein Zwischenstadium in der normal vor sich gehenden Entwickelung des Milzbrands und zwar sowohl des virulenten, wie des abgeschwächten.

Wo die Sporenbildung mangelhaft ist oder fehlt, darf man annehmen, dass wachsthumsschädigende Momente noch einwirken, oder dass solche vorher eingewirkt haben.

Solche Milzbrandsorten, die auch auf den besten Nährböden, d. h. in diesem Falle in solchen, die keine wachsthumsschädigenden Substanzen enthalten, keine Sporen bilden, sind dem Untergang geweiht, wenn sie nicht in Laboratorien von Zeit zu Zeit umgezüchtet werden, oder wenn sie nicht von Thier zu Thier übertragen werden.

Fragen wir nach alledem, wie weit die Veränderlichkeit der Milzbrandbacillen in Bezug auf eine so wesentliche Eigenschaft wie die Sporenbildung geht, so finden wir, dass zwischen virulentem und abgeschwächtem Milzbrand ein Unterschied nicht besteht, vorausgesetzt, dass die

Abschwächungsmethode die Schädigung der morphologischen Eigenschaften vermieden hat.

Dass das möglich ist, beweist am besten die Thatsache, dass im Kaiserlichen Reichsgesundheitsamt ein ganz abgeschwächter Milzbrand, der keine Mäuse mehr tödtet, aus virulentem gezüchtet worden ist, welcher morphologisch weder in Bezug auf die Sporenbildung, noch sonst in irgend einer Richtung vom vollvirulenten sich mit unseren jetzigen Hülfsmitteln unterscheiden lässt.

Ueberall, wo die Sporenbildung mangelhaft ist oder gänzlich fehlt, da müssen wir das als eine Theilerscheinung degenerativer Vorgänge ansehen.

Ueber die Sporenbildung und die Wachsthumsbedingungen der Milzbrandbacillen ausserhalb des Laboratoriums sind positive Angaben in der Litteratur nur wenige aufzufinden, und stichhaltig sind ausser denjenigen von R. Koch[1] noch weniger.

Koch constatirt an jener Stelle zuerst, dass eine Verlängerung der Bacillen und Sporenbildung im nicht geöffneten Körper eines an Milzbrand gestorbenen Thieres nicht stattfindet, auch dann nicht, wenn der Cadaver längere Zeit bei einer Temperatur von 18 bis 20° gelassen wird, „offenbar weil der Sauerstoff des Blutes nach dem Tode sehr schnell durch Oxydationsprocesse verbraucht und nicht wieder ersetzt wird.“ Ich möchte dem noch hinzufügen, dass mit dem Verbrauch des Sauerstoffs und den Oxydationsprocessen Kohlensäureanhäufung verbunden ist, und dass in dieser ein direct das Milzbrandwachsthum, aber nicht die Virulenz schädigendes Agens zur Geltung kommt; nach Eröffnung des Thierkörpers wird die schädliche Wirkung der Kohlensäure mehr oder weniger schnell in Folge des erleichterten Gasaustausches in seiner Wirkung vermindert, ja bei dünnen und austrocknenden Schichten von Milzbrandblut und von Gewebsflüssigkeit soweit vermindert, dass ausgiebige Sporenbildung nunmehr ermöglicht wird.

Mit Ausnahme dieses Falles wird dieselbe aber nur unter besonderen Umständen stattfinden können.

Fast alles Nährmaterial, welches ausserhalb des Thierkörpers in der Natur dem Milzbrand zur Verfügung steht, ist schon in Folge seiner Reaction nicht bloss der Sporenbildung, sondern auch dem Wachsthum überhaupt nicht förderlich.

„Heuinfus reagirt ziemlich stark sauer und nur einige feine und schmalblättrige Gräser geben ohne Weiteres geeignete Nährböden.“

[1] Zur Aetiologie des Milzbrandes. *Mittheilungen aus dem Reichsgesundheitsamt.* Bd. I. S. 49—79.

„Aber auch die gröberen Grassorten und Kräuter lieferten mehrfach gute Nährlösungen, wenn sie vor der Behandlung mit Wasser mit einer geringen Menge von Schlemmkreide (kohlensaurem Kalk) vermengt wurden, um die freien Säuren zu binden.“[1]

Durch diese Beobachtung, welche in der begünstigenden Wirkung der Kalkpräparate für die Sporenbildung im Blutserum eine Bestätigung und Erweiterung erfährt, wird die epidemiologische Thatsache unserem Verständniss näher gerückt, dass sehr häufig kalkhaltiger Untergrund in genauer bekannten Milzbrandlocalitäten gefunden worden ist.

In Grasinfusen wirken die Pflanzensäuren milzbrandschädlich, wie aus den Untersuchungen Koch's hervorgeht; Blut dagegen und frische thierische Gewebsflüssigkeiten sind wegen der Alkalescenz und des mit derselben in Zusammenhang stehenden Kohlensäuregehalts kein sehr geeigneter Nährboden.

Von anderen Nährsubstraten möchte ich schliesslich noch den Harn erwähnen. Dieser kann unter Umständen in Folge seiner Reaction dem Milzbrandwachsthum Hindernisse in den Weg legen. Die meisten Harne aber besitzen ausserdem in ihrem concentrirten Salzgehalt ein milzbrandschädliches Agens.

Sehen wir uns nun unter den in der Natur gegebenen Mitteln zur Beseitigung der milzbrandentwickelungshemmenden Wirkungen in den genannten Flüssigkeiten um, so kommt ausser dem neutralisirenden und kohlensäurebindenden Einfluss der Erdalkalien noch eines in Betracht, welches in allen Fällen wirksam werden kann; das ist die Verdünnung mit Wasser.

Wenn dieselbe nicht gar zu weit geht, beim Blutserum z. B. nicht über die 100fache Verdünnung hinaus, so wird man bei experimenteller Prüfung die auf den ersten Blick vielleicht überraschende Beobachtung machen, dass für die meisten Fäulnissbacterien, und besonders auch für die Anäeroben die Wachsthumsbedingungen immer ungünstiger, dagegen für die normale und vollständige Entwickelung der Milzbrandbacillen, nämlich mit Sporenbildung, immer günstiger werden, sodass bei gleichzeitiger Aussaat die letzteren die Oberhand behalten oder bekommen.

Es dürfte hierin vielleicht ein bisher noch nicht berücksichtigtes Moment für den Einfluss der Ueberschwemmungen gegeben sein, welcher in der oben citirten Arbeit R. Koch's gleichfalls eingehend auseinandergesetzt ist.

---

[1] A. a. O. S. 78 ff.

VII. Ueber lackmusgefärbte Agarnährböden.

Wie von Weisser schon vor mehreren Jahren anerkannt wurde,[1] ist es das Verdienst Buchner's,[2] in dem Zusatz von Lackmus-Tinctur zum Nährsubstrat eine wesentliche Bereicherung unserer Cultivirungs- und Differenzirungsmethodik in die bakteriologische Forschung eingeführt zu haben.

Buchner und nach ihm Weisser beabsichtigten mit dem Lackmuszusatz den Einfluss wachsender Bacterien auf die Reaction des Nährbodens zu erkennen, und sie erhielten damit einige werthvolle differentialdiagnostische Merkmale zwischen sonst schwer auseinanderzuhaltenden Mikroorganismen. Beide Autoren verwendeten dabei Fleischextract-Peptongelatine als festes Nährsubstrat und ausserdem Nährlösungen mit verschiedenem Gehalt an Rohrzucker, Pepton und Fleischextract.

Die Veränderungen der Lackmusfarbe in diesen Nährmedien sind mit den an Lackmus-Agar-Nährböden zu beobachtenden nicht zu vergleichen.

Die wesentlichste Differenz besteht darin, dass sehr viele Bacterien im Nähr-Agar, der im Brütschrank gehalten wird, Lackmus entfärben und dadurch eine reducirende Wirkung erkennen lassen, während die Lackmusgelatine diese Veränderung fast gar nicht und an Lackmusbouillon, auch wenn dieselbe bei Brüttemperatur beobachtet wird, nicht gut erkannt werden kann.

An Lackmusgelatine, in welcher die Bacterien bei Zimmertemperatur gezüchtet werden, wird bei manchen Organismen die reducirende Wirkung durch einen helleren Farbenton angedeutet, der dann immer — auch bei unveränderter Reaction — mehr in's Roth übergeht. Es ist das dieselbe Erscheinung, die man auch beobachten kann, wenn Lackmustinctur verdünnt wird; die verdünnte neutrale Lackmuslösung zeigt wie die concentrirte einen theils in's Roth, theils in's Violett hinüberspielenden Farbenton; aber man wird leicht die Erfahrung machen können, dass immer die Neigung vorhanden ist, eine verdünnte neutrale Lackmuslösung eher als schwach sauer, eine concentrirte eher als schwach alkalisch anzusehen — vorausgesetzt dass nicht schon eine zwiebelrothe Tinctur als neutral angenommen wird, wie das ja von manchen Autoren (Pflüger) geschieht.

Möglicher Weise ist die Aufhellung des Farbentones in Gelatineculturen hier und da die Ursache für eine irrthümliche Annahme einer Säurebildung gewesen. Wenigstens kann ich mir nur so die Angabe einiger

[1] Weisser, Ueber die Emmerich'schen sogen. Cholerabacterien. *Diese Zeitschrift.* 1886. Bd. I. S. 315 ff.

[2] Buchner, Zur Kenntniss des Neapeler Cholerabacillus u. s. w. *Archiv für Hygiene.* 1885. Bd. III. S. 361 ff.

Untersucher erklären, dass z. B. der Finkler'sche Kommabacillus, Cholera und manche andere Organismen, bei denen ich titrimetrisch Vermehrung der Alkalescenz der Nährflüssigkeiten nachweisen konnte, eine Säure produciren sollen; in Culturen freilich, die Zucker enthalten, kann recht beträchtliche Säurebildung auch bei solchen Bacterien gefunden werden, die ohne Zuckerzusatz die Alkalescenz vermehren.

Die von Buchner und Weisser benutzten Lackmus-Nährböden zeigen also die Reductionswirkung so wenig, dass selbst bei stark reducirenden Organismen dieselbe beiden Autoren entgangen ist, während sie bei Agarnährböden so in die Augen fällt, dass darüber die Veränderung der Reaction, soweit sie durch Lackmus überhaupt erkannt werden kann, ganz in den Hintergrund tritt. Für dieses differente Verhalten fand ich als wesentlichste Gründe nach vergleichenden Untersuchungen einmal den Einfluss der Temperatur auf die Bacterienculturen und dann die Verhältnisse des Gaswechsels in den Nährsubstraten bezw. den Grad der Leichtigkeit, mit welcher der Gasaustausch in denselben erfolgen kann.

Das erstgenannte Moment bedingt, wie es scheint, den Hauptunterschied zwischen Gelatineculturen, die bei Zimmertemperatur gehalten werden, und zwischen den im Brütschrank wachsenden Agarculturen; das zweite kommt hauptsächlich in Betracht für die Differenz zwischen flüssigen und festen Nährböden, im vorliegenden Fall zwischen Bouillon und Agar.

Ich habe meine Versuche mit Gelatine, mit Bouillon, mit Blutserum und mit Agar angestellt, habe auch nicht bloss Lackmus, sondern viele andere Farbstoffe auf Veranlassung von Hrn. Geh.-Rath Koch den Nährböden zugesetzt.

Nach alledem bin ich zu dem Resultat gekommen, dass für verschiedene Untersuchungsziele auch verschiedene Farbstoffe als Indicatoren chemischer Veränderungen und zwar an verschiedenen Nährsubstraten sich zweckentsprechend erweisen mögen.

Als einheitliche Untersuchungsmethode aber scheint mir die Beobachtung des Bacterienwachsthums an lackmusgefärbten Agarnährböden, die bei 37° im Brütschrank gehalten werden, als differentialdiagnostisches Hülfsmittel die werthvollsten Aufschlüsse zu geben.

Meine Agarnährböden habe ich in folgender Weise hergestellt. Zu einem Liter mit Kochsalz und Pepton versetzten Fleischinfuses fügte ich 15 ^{ccm} Normalnatronlauge und 17·5 ^{grm} Agar hinzu. Nach 12 stündigem Kochen, wenn der Agar vollständig gelöst und das Eiweiss als festes Gerinnsel am Boden abgesetzt ist, hebe ich die flüssige Masse mit einer Pipette ab, koche von Neuem und filtrire im Heisswassertrichter durch Filtrirpapier.

Zu dem jetzt dauernd klar bleibenden, hellgelb gefärbten Filtrat gebe ich 40 ccm einer sehr empfindlichen und stark concentrirten Lackmustinctur, welche Herr Th. Weyl nach Berthelot-Fleuriet von allen Erdalkalien befreit und in einer Vollkommenheit hergestellt hat, wie ich sie bisher noch nicht gekannt habe.

Der Agar, wenn er stark erhitzt ist, bekommt dadurch zwiebelrothe, nach dem Erkalten violette Färbung.

Der Grad der Alkalescenz kann wegen der amphoteren Reaction im Agar selbst durch diese tadellose Lackmustinctur auch nicht annähernd genau festgestellt werden. Durch Titriren mit in heissem Wasser gelöster Rosolsäure fand ich denselben durchschnittlich gleich 5 ccm Normallauge im Liter.

Auf solchem Agar erfolgt ein überaus schnelles und reichliches Wachsthum von Milzbrand, von welchem ich bei meiner diesbezüglichen Untersuchung ausging.

Die Beobachtung von Culturen ganz abgeschwächten Milzbrandes, der keine Mäuse mehr tödtet, ergab bei Beobachtung des Wachsthums auf schrägen Agarflächen Folgendes.

Nach 24 stündigem Stehen im Brütschrank war, wenn der Impfstrich bis in's Condenswasser reichte, dasselbe entfärbt; nach zwei Tagen trat Entfärbung der daran angrenzenden Agarschicht ein; nach 3 bis 4 Tagen war die Lackmusfarbe, soweit das Condenswasser reichte und etwa bis $^1/_2$ cm oberhalb desselben, wie weggeschnitten, während der unterste Theil des Agars und die obere dünne Schicht ihre Farbe behalten hatten.

Bei noch längerem Stehen im Brütschrank — bis zu 10 Tagen — wurde die ganze Agarmasse entfärbt, und nur die oberste, der Luft am besten zugängige Schicht zeigte noch einen blauen, bezw. einen violetten Schimmer.

Nahm ich nun die Cultur in diesem oder in einem früheren Stadium der Entfärbung aus dem Brütschrank heraus und bewahrte sie bei Zimmertemperatur (im December vorigen Jahres bei ca. 12° R.) auf, so kam allmählich, längstens in 24 bis 36 Stunden die Lackmusfarbe vollständig wieder zum Vorschein.

Man kann jedoch sehr schnell die Wiederfärbung herbeiführen; schon nach $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde sieht man die der Oberfläche zunächst gelegenen Partien wieder violett werden, wenn die Cultur stark abgekühlt, der Wattepfropf entfernt und durch lebhaftes Hin- und Herbewegen des Röhrchens der Eintritt von atmosphärischer Luft in das Condenswasser und zu der dem Glase anliegenden Agarschicht befördert wird.

Dabei kann man die Beobachtung machen, dass der jetzt eintretende Farbenton eine stärkere Alkalescenz anzeigt, als die ursprüngliche.

Im verdünnten Blutserum, welches mit Lackmus mässig stark gefärbt ist, wird die untere Hälfte einer 5 cm hohen Flüssigkeitsschicht nach etwa 4 bis 6 Tagen entfärbt.

Um die Wiederfärbung eintreten zu lassen, genügt schon einfaches Hin- und Herbewegen der Flüssigkeit. Hat — wie das in der Regel nach 7 bis 10 Tagen geschieht — das Wachsthum aufgehört, so tritt auch im Brütschrank, nach längerem Aufenthalt der Culturen in demselben, Entfärbung nicht mehr ein.

Gelatineculturen mit Lackmus, ebenso Lackmus-Agarculturen, die bei Zimmertemperatur gehalten werden, lassen keine erhebliche Entfärbung erkennen.

Wie schon erwähnt, wird aber der Farbenton in Gelatineculturen mit der Zeit heller, und man könnte versucht sein, eine Abnahme der Alkalescenz anzunehmen. Die Titration der verflüssigten Culturen nach erneutem Zusatz von Lackmustinctur beweist jedoch das Irrthümliche einer solchen Annahme.

Culturen von ganz abgeschwächtem Milzbrand in verdünntem Blutserum, welche Lackmusfarbstoff entfärben, bezw. entfärbt haben, geben sowohl von vornherein, als wenn sie sterilisirt sind, in sehr ausgezeichneter Weise die Biuretreaction. Setzt man ferner zu 10 ccm der Culturen wenige Tropfen einer 1 procentigen ammoniakalischen Silberlösung hinzu, so wird dieselbe nach einigem Erwärmen in kurzer Zeit (10 bis 15 Minuten) reducirt, und es scheidet sich metallisches Silber aus. Verdünntes Blutserum, im Uebrigen ganz ebenso gehalten wie die Culturen, giebt zwar auch beide Reactionen, aber so sehr viel weniger intensiv, dass eine Verwechselung nicht möglich ist.

Aus diesen Reactionen lässt sich schon schliessen, dass die durch den wachsenden abgeschwächten Milzbrand bewirkte Entfärbung des Lackmusfarbstoffes ein Ausdruck ist für eine Reductionswirkung desselben; durch die folgenden Versuchsresultate wird aber diese Schlussfolgerung zur Evidenz als richtig erwiesen.

Entwickelt man in saurer, neutraler oder alkalischer Lackmuslösung nascirenden Wasserstoff durch Zink und verdünnte Schwefelsäure oder durch Zinnchlorür und Salzsäure, bezw. durch Zinkstaub und Natronlauge, so erfolgt in wenigen Minuten nach leichtem Anwärmen Entfärbung. Schüttelt man dann die Lösung energisch mit Luft, so kehrt die Farbe allmählich wieder.

Noch schöner aber lässt sich der Wiedereintritt der Lackmusfarbe demonstriren nach Einwirkung condensirten Sauerstoffes, z. B. beim Filtriren durch schwedisches Filtrirpapier. Giesst man tropfenweise auf das

Papier die farblose Flüssigkeit, so tritt sofort eine blaue, violette oder rothe Färbung desselben ein, je nach der Reaction der Flüssigkeit; auch das Filtrat ist gefärbt.

Kälte beschleunigt und verstärkt die Wiederfärbung; in der Wärme geht dieselbe langsamer vor sich.

Man kann also durch nascirenden Wasserstoff ganz dieselben Erscheinungen bekommen, wie sie auch an Lackmus-Agarculturen zu beobachten sind, wenn dieselben mit schräger Impffläche hergestellt werden.

An solchen Lackmus-Agarculturen hatte ich die früher[1] von mir mitgetheilten Resultate gewonnen, welche für eine grössere Zahl von Milzbrandsorten verschiedener Herkunft und verschiedener Virulenz die Thatsache feststellten, dass ihre Fähigkeit, Lackmus zu reduciren, in umgekehrtem Verhältniss steigt und fällt mit ihrer Virulenz.

Im Laufe des letzten Jahres ist es mir nun einerseits gelungen, die Methode der Untersuchung nicht unerheblich zu verbessern, andererseits ist die Zahl der von mir nach dieser Richtung untersuchten Milzbrandsorten noch viel grösser geworden.

Die Abänderung der Methode besteht darin, dass ich nicht schräge Agarflächen impfe, sondern entweder 15 ^{ccm} Lackmus-Agar in vertical gestellten Reagensgläsern durch gleichmässige Vertheilung des Impfstoffes inficire, während der Agar dem Erstarren nahe ist, oder einen Impfstich mache, nachdem er erstarrt ist.

Diese Modification der Methode hat den bedeutenden Vortheil, dass die Veränderungen der Lackmusfarbe viel beständiger sind, als bei schrägen Flächen, auf welche der atmosphärische Sauerstoff mit beträchtlich grösserer Ausgiebigkeit einwirken kann, und an welchen daher nach der Herausnahme aus dem Brütschrank die charakteristischen Unterschiede sehr bald wieder schwinden.

Nach diesen erweiterten und an Zahl sehr vermehrten Untersuchungen darf ich es jetzt als sicher ansehen, dass unter gleichen Wachsthumsbedingungen ganz abgeschwächter Milzbrand und Mäusemilzbrand (I. Vaccin) schnellere und energischere Reductionswirkung zeigen, als virulenter — vorausgesetzt, dass die Vermehrungsgeschwindigkeit der abgeschwächten Milzbrandsorten nicht erheblich geringer ist, als die des zum Vergleich herangezogenen virulenten.

Die auf der Reductionswirkung beruhende Lackmusentfärbung durch Milzbrandculturen kann demnach mit Vortheil verwerthet werden zur

---

[1] *Diese Zeitschrift.* Bd. VI. S. 142.

Unterscheidung weit abliegender Virulenzstufen, so dass wir auch ohne Prüfung am Thierkörper ganz abgeschwächten Mäusemilzbrand auf der einen Seite, virulenten auf der anderen zu differenziren im Stande sind.

Dagegen sind Milzbrandbacillen, die sich in Bezug auf die Virulenz nicht erheblich unterscheiden, durch dieses Mittel nicht mit der gleichen Sicherheit von einander zu trennen.

Ueber die chemischen Veränderungen, welche namentlich die pathogenen wachsenden Bacterien in ihren Nährböden hervorrufen, wissen wir noch so wenig, dass jedes Mittel uns willkommen sein muss, welches auf diese Seite ihrer Thätigkeit ein Licht zu werfen geeignet ist, und ich habe daher mir einen Ueberblick über das Verhalten der meisten interessanteren Bacterien in Lackmus-Agar zu verschaffen gesucht.

Es lag vor Allem nahe, an die Anaëroben zu denken.

In chemischen Laboratorien ist es eine längst bekannte und unangenehm empfundene Thatsache, dass Lackmustinctur unter Entfärbung leicht verdirbt, wenn sie in geschlossenen Gläsern aufbewahrt wird, und dass sie dem Verderben fast gar nicht ausgesetzt ist, wenn sie in Gläsern aufbewahrt wird, die an einem staubfreien Orte offen stehen gelassen werden, zumal wenn von Zeit zu Zeit die Flüssigkeit umgeschüttelt wird, so dass auch die tieferen Schichten mit der Luft in Berührung kommen.

Auch die Ursache für diese Thatsachen ist bekannt, seitdem man die besondere Vorliebe der Lackmustinctur für anaërob wachsende Bacterien constatirt hat.

Bei dem heutigen Stande unserer Kenntnisse werden wir nun zwar nicht mehr nöthig haben, Lackmustinctur offen stehen zu lassen; wir können sie nach dem Sterilisiren auch durch einen keimfreien Wattepfropf verschliessen; aber es ist in der That richtig: während in concentrirter Lackmustinctur Zersetzung durch die übrigen Organismen auch ohne besondere Vorsichtsmassregeln nicht eintritt, verdirbt eine nicht steril gehaltene Tinctur fast mit Sicherheit durch anaërob wachsende Bacterien in geschlossenen Gefässen.

Diese Beobachtungen mussten dazu auffordern, das Verhalten auch der bekannten pathogenen Anaëroben zu prüfen, was mir im hiesigen Institut durch Herrn Kitasato sehr leicht gemacht wurde, indem derselbe mir Reinculturen zum Abimpfen übergab.

Da zeigte sich zunächst das interessante Ergebniss, dass die sonst so schwer zu züchtenden Rauschbrandbacillen, die Bacillen des malignen Oedems und die Tetanusbacillen mit einer Ausgiebigkeit und Schnelligkeit wachsen, wie sie selbst bei einem Agar, der mit Traubenzucker oder

anderen sauerstoffgierigen Körpern versetzt ist, nicht beobachtet wird. Es scheint geradezu, als ob man den Zusatz von Lackmustinctur als ein vorzügliches Mittel betrachten darf, um das Wachsthum der Anaëroben zu befördern. Ganz unerwartet würde das ja nach den oben mitgetheilten Erfahrungen der Chemiker nicht sein.

Weiterhin erwiesen sich wenigstens die Bacillen des malignen Oedems und die Tetanusbacillen als so stark reducirend, wie ich bisher ausser bei zwei anderen, nicht pathogenen anaëroben Bacterien, die ich zufällig fand, nirgends Gleiches gesehen habe; in weniger als 24 Stunden entfärben malignes Oedem und Tetanus auch ganz stark mit Lackmustinctur versetzten Agar vollkommen; nur eine schmale Zone bleibt oben gefärbt, die auch ziemlich genau die Grenze angiebt, bis zu welcher Höhe das Anaërobenwachsthum erfolgt ist. Diese Zone ist beim malignen Oedem stets etwas breiter, als bei den Tetanusbacillen. Ausserdem bekommt die Cultur des malignen Oedems auch noch dadurch ein sehr charakteristisches Aussehen, dass zierliche Gasbläschen die ganze entfärbte Agarschicht durchsetzen.

Viel langsamer erfolgt die Entfärbung durch die Rauschbrandbacillen, und die nicht entfärbte Schicht behält stets eine beträchtliche Breite.

Sehr schnell entfärben auch Typhus und Cholera, jedoch sind beide Culturen durch eine eigenthümliche Differenz in dem Aussehen der entfärbten Culturen unschwer zu unterscheiden. Die Entfärbung geht bei beiden Culturen im Gegensatz zu denjenigen der Anaëroben durch die ganze Agarmasse hindurch bis nach oben.

Verschieden in Bezug auf die Schnelligkeit und Vollständigkeit der Entfärbung, aber ähnlich wie die Anaëroben in Bezug auf die Vertheilung der gefärbten und ungefärbten Partien verhalten sich Erysipel und Mäusesepticämie. Beide Culturen entfärben von unten her, die Bacillen der Mäusesepticämie schneller und vollständiger als die Erysipel-Streptokokken. Andere Streptokokken unterscheiden sich vom Erysipel, und für denjenigen, der Gelegenheit hat, aus frischem Infectionsmaterial Culturen zu gewinnen, dürfte es eine lohnende und sehr kleine Arbeit sein, das Aussehen z. B. der Streptokokken des Erysipels, der Pyämie und des Puerperalfiebers mit einander zu vergleichen. Nach meinen Untersuchungen reducirt der Streptococcus des Erysipels viel weniger als der Streptococcus pyogenes.

Kaninchensepticämie entfärbt ziemlich intensiv und hält sich nicht bloss an die tieferen Agarschichten.

Ganz different ist das Verhalten des Milzbrandes, insbesondere des virulenten; derselbe entfärbt sehr langsam, und zwar von oben her; nach 14 Tagen ist die Entfärbung in nicht zu stark gefärbten Culturen bis weit in die Tiefe gedrungen, aber stets von oben nach unten fortschreitend.

Die stärker abgeschwächten Milzbrandsorten entfärben ziemlich gleichmässig durch die ganze Agarmasse hindurch; die Unterschiede treten besonders deutlich hervor, wenn die Impfung nicht durch Stich, sondern durch gleichmässige Vertheilung in noch flüssigem Agar vorgenommen wird.

Pfeiffer's[1] Kapselbacillus bringt ausser der Entfärbung und vor dem Eintritt derselben eine schmutzig grünliche Verfärbung zu Stande.

Ich könnte noch eine grössere Zahl von Bacterien anführen, die ich in dieser Weise untersucht habe.

Der Zweck dieser Mittheilung ist jedoch nur der, die Aufmerksamkeit auf ein Reagens zu lenken, welches vielleicht wie für den Milzbrand, so auch für andere Organismen uns in den Stand setzen kann, verschiedene Virulenzstufen zu unterscheiden, welches aber namentlich bei solchen Bacterien voraussichtlich differentialdiagnostisch werthvoll sich erweisen wird, die bei gleichem oder sehr ähnlichem morphologischen Verhalten ganz differente pathogene Wirkungen zeigen, wie bei Streptokokken und wie bei den in die Gruppe der Kaninchensepticämie hineingehörigen Organismen.

Die krankheitserregenden Fähigkeiten der Mikroorganismen müssen wir im letzten Grunde ja zweifellos abhängig denken einerseits von ihrer Fähigkeit, sich in den Geweben, den Gewebsflüssigkeiten, eventuell auch im Blut zu vermehren, andererseits von den Umsetzungen, die sie in diesen Nährböden hervorbringen.

Sicheres darüber werden wir zwar nur durch die chemische Analyse erfahren können.

Andeutungen aber über die Richtung, in welcher die chemischen Wirkungen zu suchen sind, die können wir auch schon durch sehr einfache Untersuchungen erhalten.

Wenige Untersuchungen aber dürften einfacher und dabei lohnender sein als diejenigen, welche sich auf das Studium der Farbenveränderungen gründen, vorausgesetzt, dass man über die Leistungsfähigkeit seiner Reagentien genau unterrichtet ist.

Die Prüfung der Säure- und Alkalireaction wird in diesem Sinne auch in der Bacteriologie nicht vernachlässigt.

Mittel dagegen, welche in bequemer Weise Oxydations- und Reductionsvorgänge anzeigen, sind bis jetzt, soviel mir bekannt ist, noch nicht systematisch untersucht worden, wenn ich die werthvolle Arbeit von F. Cahen[2] ausnehme, der unter Weigert's Leitung über das Reductions-

---

[1] *Diese Zeitschrift.* Bd. VI. S. 145 ff.

[2] F. Cahen, Ueber die Reductionswirkung der Bacterien. *Diese Zeitschrift.* Bd. II. S. 386 ff.

vermögen der Bacterien sehr sorgfältige Studien angestellt hat. Cahen's Resultate sind an Lackmusgelatine und an Lackmusbouillon gewonnen. Weshalb ich die Untersuchung in gefärbten Agarnährböden vorziehe, und warum ich in der Anwendung derselben eine wesentliche Verbesserung der Methode erblicke, habe ich oben auseinandergesetzt (S. 178).

Von Interesse ist vielleicht noch die Notiz, dass schon vor langer Zeit das Reductionsvermögen der Mikroorganismen mit Hülfe von Lackmustinctur geprüft worden ist.

Kein Geringerer als Helmholtz ist es, der in seiner berühmten Abhandlung „Wesen der Gährung und Fäulniss“[1] vor 46 Jahren in lackmusgefärbten flüssigen Nährlösungen (Glutinlösungen) ein Mittel empfahl zur Erkennung von vorhandener Fäulniss durch Bacterien, bevor noch stinkende Producte dieselbe dem Geruchssinn offenbaren.

Ich habe übrigens schon vor 7 Jahren diese von Helmholtz angegebene Reaction citirt.[2] Auf Grund von vergleichenden Untersuchungen kann ich jetzt bestätigen, dass namentlich die stinkende Fäulniss, wie sie besonders durch Anaëroben bedingt wird, regelmässig mit energischen Reductionsprocessen einhergeht.

[1] *Archiv für Anatomie und Physiologie.* 1843.

[2] Die Bedeutung des Jodoforms in der antiseptischen Wundbehandlung. *Dtsch. medicinische Wochenschrift.* 1882. Nr. 23 u. 24.



[Aus dem hygienischen Institut zu Berlin.]

Ueber die Anwendbarkeit der Kjeldahl'schen Methode und ihrer Modificationen bei hygienischen Untersuchungen.

Von

B. Proskauer und **M. Zuelzer.**

Während noch bis vor ganz kurzer Zeit für Stickstoffbestimmungen die Methode von Will-Varrentrapp bei hygienischen Untersuchungen die einzig angewandte war, hat seit der Publication der Kjeldahl'schen Methode[1] sich diese immer mehr in die Laboratorien der angewandten Chemie und auch der Hygieniker Eingang zu verschaffen gewusst. Das Kjeldahl'sche Verfahren beruht auf der Thatsache, dass der Stickstoff organischer Stoffe durch Erhitzen bei Gegenwart von wasserentziehenden Reagentien — concentrirter Schwefelsäure, Phosphorsäureanhydrid — und zugleich oxydirenden Mitteln — Kaliumpermanganat — in Ammoniak übergeführt werden kann.

Das Princip der Methode, den Stickstoff organischer Verbindungen auf nassem Wege in Ammoniak umzuwandeln und quantitativ zu bestimmen, ist keineswegs neu.

Wanklyn[2] benutzte bereits einen ähnlichen Weg wie Kjeldahl, um die Menge der stickstoffhaltigen organischen Stoffe im Trinkwasser (den „Albuminoid-Stickstoff") festzustellen, indem er auf dieselben eine alkalische Kaliumpermanganatlösung einwirken liess und das gebildete Ammoniak bestimmte. Dadurch lässt sich jedoch — wie Kjeldahl (a. a. O.), sowie Tiemann und Preusse[3] an einer Reihe organischer Verbindungen darthaten — nicht der Gesammtstickstoffgehalt organischer

---

[1] *Zeitschr. anal. Chemie.* 1883. S. 366.
[2] Water-Analysis, *Journ. Chem. Soc. U. S.* Vol. V. p. 591.
[3] *Ber. chem. Ges.* Bd. XII. S. 1921.

Körper ermitteln. Selbst die in faulenden Abwässern vorhandenen leicht zersetzbaren organischen Stoffe geben — wie dies weiter unten von uns gezeigt werden soll — ihren Stickstoff bei der Behandlung nach Wanklyn keineswegs quantitativ als Ammoniak ab.

Es war deshalb ein glücklicher Griff von Kjeldahl, dass er die in der Chemie längst bekannte Thatsache, dass organische stickstoffhaltige Verbindungen unter dem Einfluss von concentrirter Schwefelsäure und Phosphorsäureanhydrid den Stickstoff als Ammoniak abgeben, für die quantitative Bestimmung des Stickstoffs benutzte und gleichzeitig die Wirkung der genannten Säuren durch ein Oxydationsmittel unterstützte. Damit war selbst für zahlreiche solcher Verbindungen, die mit Natronkalk erhitzt, Ammoniak nicht lieferten und bisher nach der umständlicheren Dumas'schen Methode analysirt werden mussten, ein bequemes Verfahren gefunden, den Stickstoffgehalt festzustellen. Viele nach Bekanntwerden des neuen Verfahrens angestellte Nachprüfungen zeigten aber, dass dasselbe noch nicht für alle Fälle anwendbar war, indem gewisse chemische Verbindungen ihren Stickstoff nur zum Theil als Ammoniak abgaben, und dass auch mitunter erst nach stundenlanger Digestion mit dem Säuregemisch die völlige Zerstörung der organischen Stoffe gelang. Letzteres war besonders da der Fall, wo es sich um Körpergemische, wie Futterstoffe Nahrungsmittel u. dergl., handelte. Um mithin das Kjeldahl'sche Verfahren allgemein anwendbar zu machen, zugleich aber die Analysen zeitlich abzukürzen und damit der angewandten Chemie ein neues brauchbares Verfahren zur Stickstoffbestimmung an die Hand zu geben, wurden zunächst von H. Wilfarth[1] Untersuchungen unternommen. Dieser liess die Wirkung der Schwefelsäure und des Phosphorsäureanhydrids bei Gegenwart von Metalloxyden vor sich gehen und empfahl für diesen Zweck das Kupferoxyd bezw. Kupfersulfat, später das Quecksilberoxyd. Hierdurch war in der That eine Verbesserung der Kjeldahl'schen Methode angebahnt, denn diese Zusätze zur Säure kürzten nicht allein die bis zur Zerstörung der organischen Materie erforderliche Digestionszeit ab, sondern sie gestatteten auch, eine viel grössere Menge von Substanzen als bisher mittels des Kjeldahl'schen Verfahrens zu analysiren. Es war also mit diesen Wilfarth'schen Untersuchungen auch zugleich der Weg angedeutet, wie man durch Wahl und Anwendung von geeigneten Zusätzen zur Schwefelsäure das in Rede stehende Verfahren einer allgemeineren Anwendung fähig machen könne. — K. Ulsch[2] unterstützte die oxydirende Wirkung des Schwefelsäure-Phosphorsäuregemisches durch gleichzeitigen Zusatz von

[1] *Chemisches Centralblatt.* 1885. Bd. XVI. S. 17 und 113.
[2] *Zeitschrift ges. Brauw.* 1886. S. 81.

Kupferoxyd und Platinchloridlösung. — A. v. Asboth[1] nimmt in bestimmten Fällen die Digestion bei Anwesenheit von Kupferoxyd und Zucker, bezw. Benzoësäure vor und will das Kjeldahl-Wilfarth'sche Verfahren nur bei schwer zerstörbaren Substanzen, z. B. Alkaloiden, zur Anwendung bringen. — Carl Arnold[2] wendet neben dem Säuregemisch wasserfreies Kupfersulfat und metallisches Quecksilber, bei gewissen Substanzen noch ausserdem Zucker und Benzoësäure an. Diese Verfahren haben wir deshalb hier erwähnt, weil dieselben die wichtigsten Abänderungen der ursprünglichen Methode vorstellen und in der vorliegenden Abhandlung der Prüfung ihrer Anwendbarkeit bei hygienischen Untersuchungen unterworfen worden sind.

Das Studium der beim Beginn unserer Untersuchungen (Sommer 1887) vorliegenden Litteratur über die Kjeldahl'sche Stickstoffbestimmung, sowie manche eigene Beobachtungen, welche wir bei amtlich dem hygienischen Institut aufgetragenen Untersuchungen mit dem Kjeldahl'schen Verfahren und seinen Modificationen machten, brachten uns auf den Gedanken, dass der Ausfall der Resultate nicht einzig und allein von der Art der Reagentien abhängig sei, sondern dass noch andere Factoren dabei eine Rolle spielen müssen, durch deren Erkenntniss gewisse Fehlerquellen der Methode vermieden werden könnten.

Um diese letzteren kennen zu lernen, hatten wir die Absicht, gewisse chemische Vorgänge, welche sich bei der Kjeldahl'schen Methode und bei den aufgezählten Modificationen abspielen, soweit dieselben noch nicht von Anderen untersucht worden waren, an einigen Repräsentanten der verschiedenen stickstoffhaltigen Körperclassen — Aminen, Amiden, Nitrilen Eiweissstoffen u. s. w. — zu studiren. Als wir mit diesen Untersuchungen gerade beschäftigt waren, erschienen die Arbeiten von F. W. Dafert,[3] welcher sich die Beantwortung der nämlichen Fragen zum Thema gewählt hatte, welche wir anstrebten. Da sich auch dessen Beobachtungen mit den unserigen, die allerdings bis zum Erscheinen der Dafert'schen Mittheilungen erst an wenigen Verbindungen von uns angestellt worden waren, zum Theil deckten, unsere Arbeit uns also nutzlos erschien, haben wir die beabsichtigte Prüfung des Verhaltens chemischer Verbindungen während der einzelnen Phasen des Kjeldahl'schen Processes aufgegeben und nur den zweiten Theil unseres Programmes in Angriff genommen, welcher die folgenden Punkte enthielt:

1. Ist die Congolösung bei der Titration des überdestillirten Ammoniaks unzuverlässig?

[1] *Chemisches Centralblatt.* 1886. Bd. XVII. S. 161.

[2] *Arch. Pharm.* 1886. S. 785.

[3] *Landw. Vers.-Stat.* 1887. Bd. XXXIV. S. 270.

2. Ist während des Erhitzens der Substanz mit der Säure im Zersetzungskölbchen eine Verflüchtigung oder Zersetzung des bereits fertig gebildeten schwefelsauren Ammoniums möglich und eventuell unter welchen Bedingungen entsteht ein solcher Verlust an Stickstoff? Hiermit in Verbindung sollte das Verhalten von Nahrungsmitteln während der Digestion näher studirt und ferner ermittelt werden, ob diese bis zur völligen Zerstörung der organischen Stoffe durchgeführt werden müsse.

3. Wir wollten eigene Erfahrungen darüber erwerben, ob die Anwendung des Kaliumpermanganats in der That bei der Analyse von Nahrungsmitteln Stickstoffverluste herbeiführe.

4. Geben die einzelnen Modificationen des Kjeldahl'schen Verfahrens unter sich und mit der Will-Varrentrapp'sche Methode übereinstimmende Werthe, und welche Modification führt in kürzester Zeit bei der Nahrungsmittelanalyse zum Ziele?

5. Am Schlusse theilen wir noch Einiges über die Bestimmung des Gesammtstickstoffes in Schmutzwässern und im Boden bei Ab- und Anwesenheit von Nitraten mit.

Die Versuchsanordnung, welche wir innehielten und welche sich bewährte, war die folgende:

Je nach dem Stickstoffgehalte des zu analysirenden Nahrungsmittels wurden 0·5 bis 1·5 ^{grm} davon (bezw. Trockensubstanz von Flüssigkeiten) mit 20 ^{ccm} eines „Säuregemisches“ digerirt, welches 800 ^{ccm} reine concentrirte, 200 ^{ccm} rauchende Schwefelsäure und 100 ^{grm} Phosphorsäureanhydrid[1] enthielt. Der Stickstoffgehalt dieser und der übrigen Reagentien wurde stets durch einen blinden Versuch ermittelt und entsprechend in Anrechnung gebracht.

Dieses Säuregemisch kürzt die Digestionsdauer bedeutend ab und empfiehlt sich besonders dann, wenn man metallische Oxydationsmittel umgehen will. Wir haben die Zeitdauer, welche die vollständige Zerstörung der organischen Substanz bei Digestion mit diesem Säuregemische einerseits und andererseits mit der reinen conc. Schwefelsäure, der rauchenden Schwefelsäure mit und ohne Phosphorsäureanhydrid in den angeführten Verhältnissen beanspruchte, an einem stickstoffreichen Material — Fleischextract — durch Versuche ermittelt und unter einander in Vergleich gestellt, wobei sich folgende Resultate ergaben:

1 ^{grm} Fleischextract brauchte zur vollständigen Zersetzung mit 20 ^{ccm}

a) reiner conc. H_2SO_4 . . . . ca. 14—15 Std.
„ „ „ + P_2O_5 . . . . „ 11—12 „
„ „ „ + rauch. H_2SO_4 . . . . . „ 11—12 „
„ „ „ + „ „ + P_2O_5 . . . „ 9—10 „

---

[1] Wilfahrth, *Chemisches Centralblatt.* 1885. S. 17.

b)	rein. conc. H_2SO_4 + HgO (0·7 grm)	ca. $3^1/_2$—$4^1/_2$ Std.
	„ „ „ + P_2O_5 + HgO	„ 2—3 „
	„ „ „ + rauch. H_2SO_4 + HgO	„ 2—3 „
	„ „ „ + P_2O_5 + rauch. H_2SO_4 + HgO .	„ 2—$2^1/_2$ „
c)	„ „ „ + $CuSO_4$ (wasserfrei, 0·5 grm) oder CuO	„ 6—8 „
	„ „ „ + P_2O_5 + $CuSO_4$ . . . „ CuO	„ 5—6 „
	„ „ „ + rauch. H_2SO_4 + $CuSO_4$. „ CuO	„ 5—6 „
	„ „ „ + „ „ + P_2O_5 + $CuSO_4$ „ CuO	„ 4—5 „

Das Säuregemisch von concentrirter mit rauchender Schwefelsäure und P_2O_5 kürzt also die Zersetzungsdauer um ca. 5 Stunden ab, gegenüber der Verwendung der reinen conc. Schwefelsäure allein, und um 2 bis 3 Stunden gegenüber einem Gemenge der letzteren mit P_2O_5 oder mit rauchender Schwefelsäure. Bei Gegenwart von Quecksilberoxyd ist dieser Unterschied kein so bedeutender, jedenfalls aber geht der Process am schnellsten von Statten, wenn das Gemisch der drei Säuren angewandt wird, was auch für das Kupfersulfat und Kupferoxyd gilt. Aus diesem Grunde und um stets bei unseren Versuchen unter gleichen Bedingungen zu arbeiten, haben wir uns dieses Säuregemenges immer bedient.

Die zu dem Säuregemische mitunter gemachten Zusätze sind die folgenden gewesen:

a) 0·7 grm Quecksilberoxyd (Wilfarth).

b) 0·5 „ Kupferoxyd oder wasserfreies Kupfersulfat (Wilfarth).

c) 1·0 „ Zucker und 0·5 grm Kupferoxyd bezw. Sulfat (Asbóth).

d) 0·5 „ Kupferoxyd, 1 grm Quecksilber, 1 grm Zucker und 1 grm Benzoësäure (Arnold); mitunter auch

e) Platinchloridlösung, welche 4 grm Platin in 100 ccm enthielt (Ulsch). Ferner:

f) 0·5 grm Kupferoxyd, bezw. Sulfat, 1 grm Quecksilber (Arnold).

g) 0·5 „ „ „ „ 1 „ „ und 1 grm Zucker (Arnold).

Die Digestion mit dem Säuregemische fand auf dem Drahtnetze unter Anwendung eines Märcker'schen Digestionsofens in gut gekühlten Kaliglaskölbchen mit rundem Boden und langem Hals statt. Diese Kölbchen bewährten sich im Allgemeinen gut, und manche von ihnen hielten viele Bestimmungen aus. Sie waren mit Kreussler'schen Glasstopfen versehen und geneigt auf das Drahtnetz gestellt. Die Angaben von Stutzer und Reitmair[1] bezüglich der Vortheile der Anwendung des Drahtnetzes vor dem Sandbade können wir vollauf bestätigen. Das letztere besitzt in

---

[1] *Rep. anal. Chemie.* 1885. S. 234.

der That den Nachtheil, dass die Kölbchen durch das Erhitzen auf dem Sande leicht feine Risse erhalten, welche sie für die fernere Verwendung unbrauchbar machen. Auch bedarf es zur Erreichung eines lebhaften Siedens bei Benutzung eines Drahtnetzes einer geringeren Hitze als beim Sandbad und den Asbestbädern, bei denen sich übrigens auch die Temperatur schwierig reguliren lässt und mitunter Ueberhitzung stattfindet. Die Digestion war beendet, sobald die Flüssigkeit farblos, bezw. bei Verwendung von Kupfer schwach grün gefärbt war.

Das Abdestilliren des gebildeten Ammoniaks geschah aus einem gewöhnlichen $^3/_4$ Liter fassenden Kochkolben, in welchen die digerirte Flüssigkeit mit wenig Wasser aus dem Rundkölbchen übergespült wurde. Zum Neutralisiren der Säure und zum Freimachen des Ammoniaks benutzten wir eine conc. Natronlauge (500 ^{grm} Hydroxyd im Liter), welcher wir bei Verwendung von Quecksilber oder dessen Oxydes nach Wilfarth's Vorschlag (a. a. O.) einen Zusatz von Schwefelkaliumlösung (40 ^{grm} Kaliumsulfid im Liter) gaben. Um hier die richtige Menge des Alkalis und Schwefelalkalis zu treffen d. h. einen zu grossen Ueberschuss an beiden zu vermeiden, wurde stets, wenn ein frisches Säuregemenge angefertigt werden musste, geprüft, einerseits wie viel Cubikcentimeter der Natronlauge zur Neutralisation und Alkalisirung der Flüssigkeit, andererseits wie viel Schwefelkali zur vollständigen Umwandlung des Quecksilbers in Sulfid erforderlich waren.

Bei der Neutralisation der sauren Flüssigkeit hat man von vielen Seiten über dabei stattfindende Verluste an Ammoniak Klage geführt, und sind die verschiedensten Vorrichtungen empfohlen worden, um das Entweichen von Ammoniak zu verhindern. Wir haben in einfachster Weise uns dadurch vor Verlusten an Ammoniak zu schützen gewusst, dass wir das Alkali aus Messgefässen vorsichtig und allmählich in die mit Eis gekühlte Säure eintrugen, umschüttelten und, sobald die durch den oben erwähnten Vorversuch festgestellte Alkalimenge zugesetzt war, mit Lackmuspapier auf die Reaction prüften. War die Flüssigkeit alkalisch, so wurde der Kolben sofort geschlossen und mit dem Destillationsapparat verbunden. Wir haben bei dieser Anordnung nie Verluste durch Entweichen von Ammoniak beobachtet.

Das Abdestilliren des Ammoniaks aus der alkalisch gemachten Flüssigkeit bewirkten wir durch einen Dampfstrom in bekannter Weise. Dabei wurde die zu destillirende Flüssigkeit mit kleiner Flamme im Sieden erhalten, und waren in dieselbe, der Vorsicht halber, um etwa ein trotz der Verwendung des Wasserdampfes dennoch eintretendes Stossen zu verhindern, Zinkstückchen eingetragen worden.

Zum Auffangen des Ammoniaks dienten mit einer 200 ^{ccm} Marke versehene Kölbchen, die je nach der Menge des zu erwartenden Ammoniaks

mit 20 ccm normaler, $^1/_{10}$ oder $^1/_{100}$ normaler Schwefelsäure beschickt waren. Die Röhren der Kühler tauchten einige Millimeter tief in die Säure ein. Wasserkühler sind bei Verwendung von Dampf zur Destillation unumgänglich nothwendig.

Wir haben darüber Ermittelungen angestellt, welches Volumen das Destillat besitzen müsse, wenn man sicher sein will, sämmtliches Ammoniak darin zu haben. Es zeigte sich, dass von den ca. 150 bis 170 ccm betragenden alkalischen Flüssigkeiten wenigstens 150 ccm (incl. verdichtetem Dampf) abdestillirt werden mussten — bei geringem Stickstoffgehalte der Substanz genügten 100 ccm Destillat — um dies zu erreichen. Wir destillirten stets bis zur Marke — also 180 ccm ab —, erhielten also ein 200 ccm betragendes Destillat —, welches in mehreren Portionen titrirt werden konnte. Wir überzeugten uns ausserdem nach jedem Versuche, dass das Ammoniak gänzlich ausgetrieben war.

Das Ueberspritzen von Natronlauge während des Destillirens lässt sich durch die Benutzung einer König'schen Kugelröhre [1] völlig vermeiden. Ein Zurücksteigen des Destillates während des Destillirens ist wegen des strömenden Wasserdampfes nicht möglich.

Das Zurücktitriren geschah mit einer der vorgelegten Säure entsprechend starken (meist $^1/_{10}$ und $^1/_{100}$ normaler) Natronlauge unter Verwendung einer Congolösung als Indicator, deren Prüfung auf ihre Brauchbarkeit (S. 193) unten beschrieben ist. Ueber die colorimetrische Bestimmung sehr geringer Ammoniakmengen wird bei Besprechung der Bodenuntersuchung das Nähere mitgetheilt werden.

Bei Verwendung von Quecksilber oder dessen Oxydes und bei dem dadurch nothwendig werdenden Zusatz von Schwefelkalium können stets ganz geringe Mengen von Schwefelwasserstoff und zwar namentlich bei Beginn des Destillirens in's Destillat gelangen, die beim Titriren zu beachtenswerthen Fehlern durchaus keine Veranlassung geben, wohl aber das colorimetrische Resultat trüben können. Es musste dieser Thatsache bei der Analyse eines Bodens mit sehr geringem Stickstoffgehalte Beachtung geschenkt werden. — Wir nahmen ferner an der Schleife innerhalb des König'schen Kugelrohres nach öfterem Gebrauch einen schwarzen Beschlag wahr. Derselbe erwies sich bei der Untersuchung als quecksilberhaltig, und scheint es daher, dass flüchtige Quecksilberverbindungen in der Flüssigkeit vorhanden sind, mit deren Uebergang in das Destillat wohl auch die oben erwähnte Schwefelwasserstoffreaction desselben zusammenhängen kann. Einige Male befanden sich sogar einzelne Quecksilberkügelchen auf dem Boden der Vorlage.

---

[1] König, *Nahrungsmittel.* 2. Aufl. S. 669.

Für die Bestimmung nach Will-Varrentrapp verwendeten wir lange Röhren mit einer möglichst grossen Natronkalkschicht; es gelang damit bei vorsichtiger Verbrennung, die vorgelegte Säure farblos oder nahezu ungefärbt zu erhalten, so dass die nachherige Titration nicht schwierig war.

Was nun die Prüfung der Congolösung als Indicator anbetrifft, so erschien dieselbe uns in Folge verschiedener Publikationen,[1] welche diesem Farbstoff nicht allein die Empfindlichkeit absprachen, sondern ihn auch im Allgemeinen als unbrauchbar hinstellten, für geboten. Bei der Ausführung dieser vergleichenden Prüfung verwandten wir neben der Congolösung (1 grm im Liter Wasser) noch Rosolsäure, Methylorange und Cochenille in den üblichen Concentrationen. Zunächst wurde mit Normalsäure und Normalalkali experimentirt, indem wir 100, bezw. 50 oder 25 ccm einer Salmiaklösung, die ca. 2·3 grm im Liter enthielt, mit Natronlauge in der oben beschriebenen Weise abdestillirten, das Destillat in 20 ccm Normalschwefelsäure auffingen und letztere zurücktitrirten. Die zur Neutralisation des Ammoniaks verbrauchten Cubikcentimeter Normalschwefelsäure finden sich in folgender Zusammenstellung:

Indicatoren	Destillirt wurden von der Salmiaklösung:								Ccm. Normal-H_2SO_4, gebraucht z. Neutralisation des überdestill. Ammoniaks
	100 ccm		50 ccm		25 ccm				
	a	b	a	b	a	b	c	d	
Congo . . .	4·3	4·3	2·10	2·15	1·1	1·1	1·1	1·1	
Rosolsäure .	4·3	4·3	2·15	2·15	1·1	1·1			
Methylorange					1·1	1·1			
Cochenille .					1·1	1·1	1·1	1·1	

Diese Zahlen zeigen, dass bei allen vier Indicatoren der Endpunkt der Titration für die vorliegende schwefelsaure Lösung des Ammoniumsulfates übereinstimmend gefunden wird und in diesem Falle also Congo mit demselben Erfolge benutzt werden kann, wie die drei anderen damit in Vergleich gestellten Indicatoren.

Um sicher zu gehen, dass sich auch Congolösung bei geringeren Concentrationen der Schwefelsäure bezw. des Alkalis als Indicator eigne, wurde der obige Versuch mit verdünnteren Salmiaklösungen (ca. 0·23, bezw. 0·023 grm i. Liter) in der nämlichen Weise wiederholt, das Ammoniak in

---

[1] U. A. von G. Vulpius, *Pharm. Centralh.* Bd. XXVIII. S. 325. — C. Wurster, *Centralblatt für Physiologie.* Bd. I. S. 442. — E. Brücke, *Sitzungsber. Wien. Akad. Wiss.* 1888. Bd. XCVII.

$^1/_{10}$ bezw. $^1/_{100}$ Normalschwefelsäure aufgefangen und mit $^1/_{10}$ bezw. $^1/_{100}$ Alkali zurücktitrirt.

Die bei diesen Titrirungen erhaltenen Ccm. $^1/_{10}$ oder $^1/_{100}$ Normalschwefelsäure sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt. Dieselbe zeigt,

Indicatoren	Destillirt wurden											
	von der Salmiaklösung mit ca. 0·23 grm im Liter						von der Salmiaklösung mit ca. 0·023 grm im Liter					
	100 ccm		50 ccm		25 ccm		100 ccm		50 ccm		25 ccm	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Congo . . .	4·4	4·4	2·2	2·25	1·1	1·1	4·45	4·45	2·25	2·25	1·1	1·1
Rosolsäure .	4·4	4·45	2·25	2·2	1·1	1·1	4·4	4·45	2·3	2·25	1·1	1·1
Methylorange	4·45	4·45	2·25	2·2	1·1	1·1	4·4	4·45	2·25	2·25	1·15	1·15
Cochenille .	4·4	4·45	2·2	2·2	1·1	1·15	4·45	4·4	2·25	2·3	1·15	1·15
	Ccm. $^1/_{10}$ Normal-H_2SO_4,						Ccm. $^1/_{100}$ Normal-H_2SO_4,					
	welche zur Bindung des überdest. NH_3 erforderlich waren.											

dass es sich auch hierbei nur um die kleinen Differenzen von 0·05 ccm[1] handelt, welche bei der Normalsäure nur 0·00085 grm, bei der $^1/_{10}$ und $^1/_{100}$ Normalsäure entsprechend weniger Ammoniak bedeuten, Differenzen, die bei der Berechnung vernachlässigt werden können.

Nach diesen Erfahrungen haben wir das Congo, dessen Farbenübergang von Blau in Roth sich ausserdem für unser Auge besonders geeignet erwies, bei unseren Untersuchungen als Indicator angewandt und haben seine Zuverlässigkeit auch bei den Stickstoffbestimmungen selbst wiederholt kennen gelernt, indem wir häufig die einzelnen Theile eines und desselben Destillates sowohl mit Congo, als auch mit Rosolsäure titrirten. Die dabei erhaltenen Ergebnisse zeigten auch hier immer die gewünschte Uebereinstimmung. Es sei dabei erwähnt, dass als Ende der Titration nicht der Uebergang von Blau in's Rothviolette, sondern in's Ziegelrothe angenommen wurde. Auch ist es nothwendig, der zu titrirenden Säure genügende Mengen (5—6 Tropfen) der Congolösung zuzusetzen, sodass die Lösung ziemlich stark blau gefärbt erscheint.

Bei der Zersetzung stickstoffhaltiger Substanzen während des Kjeldahl'schen Processes entstehen häufig neben dem Ammoniak geringe Mengen von Aminen; auch diese werden beim Titriren mit Congo nicht nachtheilig wirken. Dies lässt sich schon aus den Mittheilungen schliessen,

---

[1] Es waren sehr enge Büretten angewandt worden, die nur 25 ccm fassten und in $^1/_{10}$ ccm eingetheilt waren; 0·05 ccm liessen sich daran noch gut schätzen, besonders wenn man mit der Lupe abliest.

welche Paul Julius[1] über die Anwendung des Congorothes zum Titriren von Anilin gemacht hat. Für den Verbrauch an Alkali, bezw. an Säure sind die genannten Ammoniakderivate ohne Belang, da ihr Molekül dieselbe Säurequantität beansprucht, als das Mol. Ammoniak.

Die in den obigen Tabellen angeführten Zahlen liefern ferner noch den Beweis für unsere oben ausgesprochene Behauptung, dass man mit Wasserdämpfen bei der von uns befolgten Versuchsanordnung das Ammoniak vollkommen in's Destillat überzutreiben vermag; Petri und Lehmann[2] haben denselben Erfolg auch schon durch einen schwachen Wasserdampfstrom erreichen können.

Wir kommen nunmehr zu derjenigen Frage, die bisher in den Abhandlungen über die Kjeldahl'sche Methode entweder gar nicht oder nur oberflächlich berührt worden ist und die doch eigentlich zuerst beantwortet werden muss, wenn man sich über den Werth des in Rede stehenden Verfahrens einen Schluss erlauben will. Es handelt sich um die Frage, ob durch die Art des Erhitzens — starkes oder schwaches Sieden — ein Verlust an Stickstoff durch Verflüchtigung oder durch Zersetzung des gebildeten schwefelsauren Ammoniums, welches sich hier in concentrirter Schwefelsäure, also in einer Flüssigkeit von sehr hohem Siedepunkte, gelöst befindet, eintreten kann oder nicht. Diese Frage war durch eine Angabe veranlasst worden, welche sich in einzelnen Lehrbüchern vorfindet, der zu Folge Ammoniumsulfat bei höherer Temperatur eine Zersetzung erleide. Da wir in der Litteratur keine Aufklärung finden konnten, ob dies nur beim Erhitzen des trocknen Salzes der Fall sei, oder auch bei Gegenwart von concentrirter Schwefelsäure, so haben wir durch Versuche uns darüber Klarheit zu verschaffen gesucht. Bestärkt wurden wir in unserem Zweifel theils durch eigene schlechte Erfahrungen, die wir beim Arbeiten mit der Kjeldahl'schen Methode zuweilen gemacht hatten und weiter unten (S. 200 u. 201) mittheilen werden, theils auch durch eine von L'Hôte[3] publicirte Arbeit, in welcher dieser behauptet, dass seine mittelst des Kjeldahl'schen Verfahrens erhaltenen Resultate aus dem Grunde viel niedriger, als die nach Will-Varrentrapp gewonnenen, ausgefallen seien, weil u. A. während der Zersetzung der Substanz mit der Säure ein Verlust an Ammoniak in Folge der Flüchtigkeit des schwefelsauren Ammoniums eintrete.

Der Weg, den wir behufs Aufklärung dieser Fragen einschlugen, war folgender:

---

[1] *Chem. Ind.* 1886. S. 109.

[2] *Zeitschrift für physiol. Chemie.* Bd. VIII. S. 200.

[3] *Compt. rend.* t. CVIII. p. 59.

Je 50 ccm einer Salmiaklösung, die ca. 2·3 grm Ammoniumchlorid im Liter enthielt, wurde a) direkt mit Natronlauge destillirt, bis sämmtliches Ammoniak ausgetrieben war, b) zunächst auf ca. 15 ccm eingedampft und nach Zusatz von Natronlauge destillirt, und c) nach dem Eindampfen auf 15 ccm mit 20 ccm des Kjeldahl'schen Säuregemisches mehrere Stunden lang im mässigen Sieden erhalten und dann in derselben Weise destillirt. Versuch b) diente zur Controle, ob beim Eindampfen, welches im Zersetzungskölbchen selbst geschah, Verluste an Salmiak vorgekommen waren. Das Ammoniak wurde in 20 ccm Normalschwefelsäure aufgefangen und mit Normalalkali zurücktitrirt. Die vom Ammoniak gebundene Schwefelsäure betrug bei:

	a.	b.	c.
I	2·15 ccm	2·15 ccm	2·15 ccm,
II	2·15 „	2·15 „	2·15 „ ,

mithin lieferte die im Sieden erhaltene Lösung von Ammoniumsulfat in concentrirter Schwefelsäure (c) genau so viel Ammoniak beim Destilliren mit Alkali, wie die ursprüngliche Salmiaklösung (a).

L'Hôte[1] führt als Beleg für seine oben wiedergegebene Behauptung folgenden Versuch an: „Als er den Kolben, in welchem die Zersetzung der stickstoffhaltigen Substanzen geschah, mit einem kleinen Kühler verband, dessen Ende unter destillirtem Wasser mündete, konnte er wahrnehmen, dass die verdichtete saure Flüssigkeit, sobald sie mit kohlensaurem Kali erhitzt wurde, Ammoniak entwickelte; dieses wurde mit dem Nessler'schen Reagens entdeckt."

Wir haben diesen Versuch mit der Abänderung wiederholt, dass wir behufs Vermeidung von Kautschuk und Korken keinen Kühler, sondern eine sehr langhalsige, geräumige Retorte (von fast $^1/_2$ Liter Inhalt) anwandten und darin eine Lösung von 1 grm Ammoniumsulfat in 40 ccm des bekannten Säuregemisches 5—6 Stunden lang auf einem Drahtnetze in mässigem Sieden erhielten. Das Ende des Retortenhalses tauchte einige Millimeter tief in ammoniakfreies destillirtes Wasser ein. Es wurde darauf geachtet, dass die Flamme nicht zu gross war, so dass sie nur denjenigen Theil des Bodens der Retorte, welcher mit der Flüssigkeit bedeckt war, bestrich und nicht über das Flüssigkeitsniveau hinweg die Seitenwände der Retorte beleckte. Dadurch war ein Ueberhitzen dieser Wände und derjenigen Partikelchen der Flüssigkeit, welche durch das beim Sieden stets stattfindende Spritzen an die Retortenwandungen gelangt waren, ausgeschlossen. Das vorgelegte destillirte Wasser hatte nach Unterbrechung des Erhitzens zwar eine saure Reaction ange-

[1] A. a. O.

nommen, gab aber, nach Oxydation etwa vorhandener schwefliger Säure mittels weniger Tropfen Jodjodkalilösung und Zusatz von Alkali bis zur alkalischen Reaction, mit Nessler's Lösung keine Ammoniakreaction.[1] In einem Falle wurde das Ammoniak in der schwefelsauren Lösung nach 5stündiger Digestion der Flüssigkeit, wie früher beschrieben wurde, durch Destillation und Titriren bestimmt: Von 20 ^{ccm} der vorgelegten Normalschwefelsäure waren 15·1 ^{ccm} durch das überdestillirte Ammoniak gebunden worden; es entspricht dies 0·2567 ^{grm} Ammoniak oder 0·9966 ^{grm} $(NH_4)_2SO_4$ (statt 1 ^{grm}), wobei bemerkt werden mag, dass das angewandte Salz beim Glühen auf dem Platinblech Spuren von Asche hinterliess. Diese Resultate beweisen, dass ein Verlust an Ammoniak durch Zersetzen oder Verflüchtigen des Ammoniumsulfats bei der beschriebenen Art des Erhitzens nicht stattgefunden hat.

Um die Verhältnisse beim Kjeldahl'schen Process möglichst nachzuahmen, wurden die nämlichen Versuche wiederholt, einmal unter Zusatz von Zucker, das andere Mal unter Zusatz von Zucker und Quecksilberoxyd. Es fand Entwickelung von schwefliger Säure statt; das vorgelegte destillirte Wasser enthielt in keinem Falle Ammoniak. Im Retortenrückstande ergaben die Ammoniakbestimmungen bei Anwendung:

von Zucker: 0,2562 ^{grm} NH_3 = 0,9946 ^{grm} $(NH_4)_2SO_4$ } statt
von Zucker u. Quecksilberoxyd: 0,2565 ^{grm} NH_3 = 0,9958 ^{grm} $(NH_4)_2SO_4$ } 1 ^{grm}.

Ein bei Gegenwart von Zucker und entwässertem Kupfersulfat ausgeführter qualitativer Versuch endete mit demselben Resultate. Das Destillat war frei von Ammoniak.

Anders gestaltete sich aber das Ergebniss, als wir die erwähnte Vorsicht beim Erhitzen ausser Acht liessen und eine zu grosse Flamme anwendeten, die den ganzen Boden des Gefässes bestrich und hin und wieder über das Flüssigkeitsniveau hinüber leckte, oder sobald wir in einem Sandbade erhitzten, dessen Temperatur ja sehr hoch sein muss, um die Flüssigkeit in's Sieden zu bringen, und dessen strahlende Wärme daher die Wände des schräg aufliegenden Gefässes, welche stets mit fein vertheilten stickstoffhaltigen Partikelchen während der Digestion bedeckt waren, traf.

Es gelang in diesen Fällen sowohl bei dem reinen Schwefelsäuregemisch, in dem Ammoniumsulfat aufgelöst worden war, als auch vornehm-

---

[1] Während des Niederschreibens gelangten wir in den Besitz der neuesten Arbeit von Aubin und Alla über die Kjeldahl'sche Methode (*Compt. rend.* t. CVIII. p. 246). Dieselbe bildet eine Erwiderung auf die citirte Abhandlung von L'Hôte. Aubin und Alla haben einen ähnlichen Versuch, wie wir, angestellt und kommen zu demselben Endergebniss.

lich bei den Gemischen, die Zucker enthielten, Ammoniak in der Vorlage nachzuweisen. Dieses war auch der Fall, sobald wir die Flamme unter der Retorte hin- und herbewegten, wie man zu verfahren pflegt, um eine Substanz allmählich anzuwärmen.

Diese Verhältnisse werden durch folgende fünf Bestimmungen des Ammoniaks, welche nach der bereits beschriebenen Methode in der Digestionsflüssigkeit ausgeführt worden waren, illustrirt:

Von 20 ccm der vorgelegten Normalschwefelsäure waren durch das überdestillirte Ammoniak neutralisirt worden:

a) nach vierstündigem Erhitzen der Lösung von 1 grm Ammoniumsulfat in 40 ccm Säuregemisch auf dem Drahtnetz, mit grosser über die Ränder des Gefässes mitunter hinausleckender Flamme:

$$14 \cdot 4\,^{ccm} = 0 \cdot 2448\,^{grm}\ NH_3 = 0 \cdot 9504\,^{grm}\ (NH_4)_2SO_4;$$

b) 1 grm Zucker zugesetzt und bis zur Farblosigkeit erhitzt (im Ganzen fünfstündiges Erhitzen):

$$13 \cdot 9\,^{ccm} = 0 \cdot 2363\,^{grm}\ NH_3 = 0 \cdot 9174\,^{grm}\ (NH_4)_2SO_4;$$

c) mit 2 grm Zuckerzusatz (sechsstündiges Erhitzen):

$$13 \cdot 3\,^{ccm} = 0 \cdot 2261\,^{grm}\ NH_3 = 0 \cdot 8778\,^{grm}\ (NH_4)_2SO_4;$$

d) mit 2 grm Zucker und 0·7 grm HgO (zwei Stunden erhitzt):

$$13 \cdot 7\,^{ccm} = 0 \cdot 2329\,^{grm}\ NH_3 = 0 \cdot 9042\,^{grm}\ (NH_4)_2SO_4;$$

e) der Versuch d auf dem Sandbade wiederholt; die Flüssigkeit im starken Sieden erhalten, bis sie farblos geworden war (im Ganzen vierstündiges Erhitzen); es fand starkes Stossen der Flüssigkeit statt:

$$14 \cdot 0\,^{ccm} = 0 \cdot 2380\,^{grm}\ NH_3 = 0 \cdot 9240\,^{grm}\ (NH_4)_2SO_4.$$

Die Verluste an Ammoniak, welche durch diese Art des Erhitzens herbeigeführt werden können, ergeben sich besonders deutlich bei einem Vergleich mit den beim vorsichtigen Erhitzen erhaltenen Resultaten. Hier waren 0·9966, 0·9946 und 0·9958 grm $(NH_4)_2SO_4$ wieder gefunden worden, dort 0·8778 bis 0·9504 grm $(NH_4)_2SO_4$ statt 1 grm. Am bedeutendsten war der Verlust bei Anwendung von Zucker, was sich wohl daraus erklärt, dass derselbe mit dem Säuregemisch eine schwammige, stark aufgeblähte, bei ihrer allmählichen Auflösung feste Partikelchen an den Wandungen der Retorten hinterlassende Kohle bildet, welche der Ueberhitzung, also gleichsam einer Art trockenen Destillation ausgesetzt war.

Die Flamme war bei den letzten Versuchen nicht etwa anormal gross, sondern die gewählten Verhältnisse waren solche, wie sie in der Praxis vorkommen können. Derartige Missstände treten z. B. leicht beim Arbeiten mit den für die Kjeldahl'sche Bestimmung construirten Digestionsöfen

ein, sobald die an einem gemeinschaftlichen Gaszuleitungsrohr fest angebrachten Brenner nicht genau unter die Flüssigkeit im Digestionskölbchen zu stehen kommen. Man wird sich daher bei jeder Bestimmung überzeugen müssen, dass die Flammen nicht etwa seitlich die Gefässe treffen. Auch bei denjenigen Stoffen, welche sich mit der concentrirten Säure stark aufblähen und schwammige Massen bilden, ist Vorsicht während des Erhitzens nothwendig. Zur Vermeidung von Verlusten an Stickstoff wird in diesem Falle das bereits vielfach empfohlene Verfahren, zuerst mit kleiner Flamme eine Lösung der Substanz zu erzielen und dann erst allmählich die Temperatur bis zum Siedepunkt zu bringen,[1] oder (was wir als sehr vortheilhaft fanden) das Gemenge, ohne zu erwärmen, einige Zeit stehen zu lassen und dann erst mit dem Erhitzen in der angegebenen Weise zu beginnen, sogar das einzig mögliche sein. Ein öfteres Wenden der Kölbchen und Umschütteln des Inhaltes ist gleichfalls von Vortheil.

Die eben geschilderten Thatsachen geben uns für manche der beobachteten Differenzen in den Resultaten, welche nach der Kjeldahl'schen Methode einerseits und andererseits nach dem Verfahren von Will-Varrentrapp oder Dumas häufig erhalten und auf andere Ursachen — z. B. auf das Entweichen von Ammoniak während des Neutralisirens — zurückgeführt worden waren, eine Erklärung an die Hand. Sie thun uns ausserdem einen der Gründe dar, weshalb die Kjeldahl'schen Bestimmungen bisweilen unter einander keine Uebereinstimmung zeigen.

Neben diesen durch rein mechanische Vorgänge bewirkten Verlusten an Stickstoff bei nicht rationellem Erwärmen der Substanz mit dem Säuregemisch giebt es natürlich noch eine Reihe von anderen und vielleicht schwerwiegenderen Fehlerquellen, z. B. solche, welche den chemischen Vorgängen während des Kjeldahl'schen Processes zugeschrieben werden müssen. Wir wissen aus vielen Mittheilungen, und besonders aus denjenigen von Dafert (a. a. O.), dass diese Vorgänge äusserst verwickelter Art sind, dass nicht immer der Gesammtstickstoff an der Ammoniakbildung betheiligt ist, und dass sogar mitunter eine chemische Zersetzung des bereits entstandenen Ammoniaks durch Oxydationsvorgänge stattfinden könne. Dafert schreibt u. A. der Art und Dauer des Erhitzens einen Einfluss auf die Menge des gebildeten Ammoniaks zu. Es wird sich daher fragen, ob mittelst des vorhin empfohlenen allmählichen Erwärmens der Flüssigkeit, das nach und nach bis zum Sieden gesteigert wird, bei der Analyse von Nahrungsmitteln andere Resultate erzielt werden, als bei einer Digestion, bei welcher man gleich von Anfang an stark erhitzt.

[1] z. B. Wilfahrth, a. a. O.

Um dies zu ermitteln, hat jeder von uns[1] unabhängig eine Reihe von Versuchen angestellt, zu welchen wir als geeignetes Versuchsobject zwei Handelsproben von Fleischextract wählten. Auf die Entnahme guter Durchschnittsproben wurde hier, wie bei allen unseren Versuchen, selbstredend die gebührende Rücksicht genommen, und bei den in Tabelle B verzeichneten Analysen nach der von König[2] empfohlenen Angabe verfahren. Die Versuchsbedingungen und Resultate sind in den folgenden beiden Zusammenstellungen A und B verzeichnet, in welchen die Rubrik „Dauer des Erhitzens" die Zeit vom Beginne desselben bis zur vollkommenen Zerstörung der organischen Substanzen bedeutet.

Zur näheren Erläuterung der Versuchsbedingungen sei noch das Folgende erwähnt:

Das unter I angedeutete Erhitzen mit kleiner Flamme dauerte durchschnittlich $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunde lang; bei II befand sich die Flüssigkeit bald in starkem Sieden und wurde darin auch, bis sie farblos, bezw. schwach grün gefärbt erschien, erhalten; das unter III (Tabelle B) erwähnte „fortgesetzt nur schwache Erhitzen" bedeutet solches mit kleiner Flamme und wurde erst verstärkt, wenn die Flüssigkeit eine gelbbraune resp. hellere Färbung zeigte. Die in der Tabelle B unter gleichem Buchstaben vorhandenen Analysen waren gleichzeitig ausgeführt worden.

Tabelle A.

	I. Zu Beginn mit kleiner Flamme, dann allmählich zum Sieden erhitzt und im mässigen Sieden erhalten.			II. Gleich stark erhitzt			Differenzen zwischen I und II
	20 ccm Säuregemisch	Dauer des Erhitzens in Stunden	Procent Stickstoff		Dauer des Erhitzens in Stunden	Procent Stickstoff	
a	Kein Zusatz	10	8·56	a	9	7·23	+ 1·33 Procent
b	mit 0·7 grm HgO	$2^1/_2$	8·47	b	$2^1/_2$	7·14	+ 1·33 „
c	mit 0·5 grm CuO und 1 grm Zucker	5	8·65	c	$4^1/_2$	7·59	+ 1·06 „
d	mit 0·5 grm $CuSO_4$ (wasserfrei)	4	8·36	d	—	—	Das Material reichte nicht aus!
e	mit 0·5 grm CuO, 1 grm Hg, je 1 grm Zucker und Benzoësäure	$4^1/_4$	8·49	e	$4^1/_4$	7·90	+ 0·59 Procent

Nach Will-Varrentrapp: 8·13 Procent N.

[1] Einen Theil dieser Arbeit hat M. Zülzer als Dissertation veröffentlicht.

[2] *Zeitschrift für angewandte Chemie.* 1888. S. 630.

Tabelle B.

		I.			II.			III. Fortgesetzt nur schwach erwärmt, am Ende mässiges Sieden.		Differenzen zwischen	
	20 ccm Säuregemisch	Dauer des Erhitzens in Stunden	Procent Stickstoff		Dauer des Erhitzens in Stunden	Procent Stickstoff		Dauer des Erhitzens in Stunden	Procent Stickstoff	I—II	I—III
a.	Kein Zusatz	9½	8·42	a	8½	7·48	a	19	8·29	+0·94	+0·13
		10	8·39		8	7·12		20	8·36	+1·27	+0·03
b	mit 0·7 grm HgO	2	8·36	b	2¼	7·31	b	7½	8·47	+1·05	−0·11
		2¼	8·48		2¼	7·45		8	8·40	+1·03	+0·08
c	mit 0·5 grm wasserfr. $CuSO_4$	4½	8·31	c	4	8·00	c	12	8·38	+0·31	−0·07
		4¾	8·40		3¾	7·58		12¾	8·36	+0·82	+0·04

Nach Will-Varrentrapp: 8·21 Procent.

Aus den Versuchen I und II der beiden Tabellen ersehen wir, dass unter sonst gleichen Versuchsbedingungen nur bei verschiedener Art des Erhitzens auch verschiedene Resultate erhalten worden sind. Diese waren bei allen Modificationen des Kjeldahl'schen Verfahrens, welche in den Tabellen aufgeführt sind, bedeutend niedriger, sobald von Anfang an kräftig erhitzt wurde, als bei allmählichem Anheizen der Digestionsflüssigkeit. Da unter der letzteren Bedingung die Resultate sogar höher als nach der Will-Varrentrapp'schen Methode ausfielen, so kann dies als Beweis dafür angesehen werden, dass bei der letzten Art der Zerstörung der organischen Stoffe Verluste an Stickstoff überhaupt nicht stattgefunden haben. Die Differenzen der Reihen I und II, welche sich bei den gleichzeitig und mit den nämlichen Reagentien ausgeführten Analysen ergeben haben, sind keineswegs gleichmässige zu nennen und bedeuten Verluste, welche 15 Procent des im Fleischextract vorhandenen Stickstoffs ausmachen.

Wenn wir nach den Ursachen der Verluste forschen, so werden wir dieselben nicht der Erhitzungsdauer zuschreiben können, wie dies von einigen Chemikern angenommen worden ist, weil die Dauer wiederum von der Erhitzungsart abhängig ist, sondern wir werden einen Theil der Stickstoffverluste auf die vorhin erwähnten mechanischen Vorgänge bei der Digestion schieben, einen anderen Theil aber — u. z. vielleicht den bei Weitem grösseren — auf Rechnung der chemischen Vorgänge setzen müssen. Diese werden nämlich unbedingt bei höheren Temperaturen anders verlaufen, als bei niedrigeren. Die zu gleicher Zeit sich innerhalb der Flüssigkeit abspielenden Reductions- und Oxydationsvorgänge sind

aller Voraussicht nach beim starken Erhitzen intensivere, als beim allmählichen Anheizen; die Verbindungen, in welche der Stickstoff gleich am Anfange der durch das Säuregemisch, bezw. durch die Gegenwart der Metallverbindungen bewirkten Umsetzungen übergeführt wird, werden andere sein, sobald höhere oder niedere Temperaturen obwalten, und sich ferner noch nach der Natur des stickstoffhaltigen Körpers richten. Es kann daher nicht wunderbar erscheinen, wenn bei dem Gemische von Stickstoffkörpern, welche die Nahrungsmittel enthalten, auch die mannigfachsten chemischen Verbindungen während der Digestion sich bilden, und es bei hoher Temperatur bei den weniger widerstandsfähigen stickstoffhaltigen Verbindungen nicht zu einer Ammoniakbildung kommt, sondern wenn Stickstoff entweicht, bezw. wenn dieser sich schliesslich in einer Form befindet, aus welcher bei nachheriger Behandlung mit Alkali kein Ammoniak frei gemacht wird. Bei allmählich gesteigerter Temperatur scheint dagegen der Stickstoff zunächst in eine Form gebracht zu werden, aus welcher er bei fortgesetzter Digestion in Ammoniak übergeht. In letzterem Falle spielt sich also der Process, auf welchem das Kjeldahl'sche Verfahren sich aufbaut, und welchen Dafert (a. a. O.) in den Schlussfolgerungen seiner Arbeit präcisirt hat, quantitativ ab.

Die eben ausgesprochene Annahme über die Ursache der Verluste an Stickstoff, welche zu weiteren Versuchen nach dieser Richtung hin auffordert, findet noch dadurch eine Stütze, dass fortgesetzt nur schwaches Erhitzen — wie Versuchsreihe III der Tabelle B zeigt — mit der Versuchsreihe I gut übereinstimmende Resultate lieferte. Man wird aber diese Art des Erhitzens wegen der langen Dauer, welche die vollständige Zerstörung der organischen Stoffe beansprucht, in der Praxis nicht verwenden können.

Dass aber die völlige Zerstörung der organischen Stoffe in unserem Falle durchaus nothwendig ist, was Kjeldahl für Körper mit „fester gebundenem Stickstoff“ auch beansprucht, lehren uns die Versuche der Tabelle C, welche mit der ersten Sorte Fleischextract ausgeführt worden sind und deren Ergebnisse daher mit den in Tabelle A. I aufgeführten in Vergleich gestellt werden können.

Wir sehen, dass bei nicht bis zur völligen Zerstörung der organischen Stoffe durchgeführter Digestion niedrigere Resultate gewonnen worden sind, als bei vollständig durchgeführter. Der Ausfall der Resultate wird selbstredend davon abhängig sein, wie weit diese Zerstörung fortgeschritten ist. So scheint dieselbe bei den Versuchen 5 a und b schon nahe ihrem Ende gewesen zu sein, daher handelt es sich hier nur um einen Stickstoffausfall von 0·09 bis 0·17 Procent. Interessant ist ferner noch die Thatsache, dass trotz der unvollendeten Oxydation der organischen Substanzen

Tabelle C.

Nr.	Art des Erhitzens	Dauer des Erhitzens in Stunden	20 ccm Säuregemisch mit	Aussehen der Flüssigkeit b. Unterbrechen d. Erhitzens	Procent N	Proc. N beim Erhitz. bis zur Zerstörung d. org. Stoffe[1]
1	Zunächst mit kleiner Flamme erhitzt, dann allmählich zum Sieden gesteigert	5	keinem Zusatz	braunroth	7·74	8·56 (1, 2)
2	fortgesetzt nur schwach erhitzt	8	desgl.	braungelb	7·69	
3	wie bei 2	5	0·7 grm HgO	hellroth	7·63	8·47
4	wie bei 2	9	0·5 grm CuO + 1 grm Zucker	dunkelroth	8·10	8·65
5 a	wie bei 2	9	0·5 grm CuO, 1 grm Hg	gelbroth	8·40	8·49 (5 a, b)
b	wie bei 2	9	1 grm Zucker u. 1 grm Benzoës.	gelbroth	8·32	

die Zahlen durchweg höhere sind, als diejenigen der Versuchsreihe Tab. A. II, bei welcher stark erhitzt worden und jene Oxydation eine vollendete war.

Dass aber nicht alle Nahrungsmittel ein bis zur völligen Zerstörung der organischen Materie fortgesetztes Erhitzen erfordern, beweisen uns einige analoge Versuche mit Weizenmehl.

Um zu sehen, welche Mengen von Ammoniak sich bei Anwendung des ursprünglich Kjeldahl'schen Verfahrens, ferner beim Zugeben von Zucker und Cuprisulfat, von Zucker, Benzoësäure, Cuprisulfat und Quecksilber in $3^1/_2$ Stunde gebildet hatten, in welcher Zeit bei Anwendung von Quecksilberoxyd allein bereits die Farblosigkeit der Flüssigkeit eingetreten und 1·83 bezw. 1·76 Procent Stickstoff gefunden waren, wurde Weizenmehl mit den obengenannten Zusätzen digerirt, und die Digestion nach $3^1/_2$ Stunden unterbrochen. Zu diesem Zeitpunkte war die Farbe der Flüssigkeit dunkelroth, braunroth, bezw. hellroth. Die erhaltenen Resultate sind die folgenden:

20 ccm Säuregemisch	Erhitzungs-Dauer	Farbe der Flüssigkeit	Erhaltener Stickstoff in Procent der Trockensubstanz
allein	$3^1/_2$ h	dunkelroth	1·83
mit 1 grm Zucker, 0·5 grm $CuSO_4$	„	braunroth	1·71
mit 1 grm Zucker, 1 grm Benzoës., 1 grm Hg, 0·5 grm $CuSO_4$	„	hellroth	1·81

[1] Vgl. Tabelle A, I.

Hier war also schon vor dem Eintritt der Farblosigkeit, bezw. Grünfärbung der Flüssigkeit der gesammte Stickstoff in Ammoniak übergeführt worden. Aehnliche Verhältnisse zeigten sich noch bei den Analysen von Brod, während dies, wie wir gesehen haben, beim Fleischextract, ferner noch bei einer Futterconserve und einigen anderen Nahrungsmitteln, welche wir prüften, nicht der Fall war.

Wenn mithin auch bei einzelnen Substanzen der Eintritt der Farblosigkeit der Flüssigkeit nicht nothwendig erforderlich ist, so wird man jedenfalls doch sicherer gehen, sobald man es sich zur Regel macht, ihn abzuwarten. Es zeigt sich hierbei wieder, wie verschieden die Einwirkung des Schwefelsäuregemisches auf stickstoffhaltige Körpergemische verläuft, und dass nicht alle Substanzen in gleich schneller und leichter Weise ihren Stickstoff bei den Vorgängen des Kjeldahl'schen Processes in Ammoniak umwandeln.

Kjeldahl hatte, um sein Verfahren abzukürzen, empfohlen, das Erhitzen zu unterbrechen, sobald die Flüssigkeit eine schwarzbraune Farbe angenommen hat, und dann durch Oxydation mit festem Kaliumpermanganat die Zerstörung der organischen Stoffe zu beenden. Dieses Salz soll „durch seine alle anderen oxydirenden Mittel an Energie übertreffende Wirkung die Ueberführung des Stickstoffs in Ammoniak veranlassen". Von verschiedenen Seiten (Wilfarth, Asbóth, Ulsch, Dafert und noch Anderen) ist aber darauf hingewiesen worden, dass bei der Anwendung des übermangansauren Kaliums Verluste an Stickstoff eintreten können, bezw. dass die Oxydation damit nur dort am Platze sei, wo widerstandsfähige Körper in Frage kommen. Dem gegenüber ist wieder von Anderen, z. B. von Lenz,[1] die Oxydation mit Kaliumpermanganat als nothwendig hingestellt worden. Bei diesem Widerspruche der Ansichten haben wir zu unserer Information einige Versuche über den Einfluss des übermangansauren Kaliums auf den Ausfall des Analysenresultates angestellt; wir benutzten hierzu wieder Fleischextract. Das übermangansaure Kalium wurde in der von Kjeldahl vorgeschriebenen Weise angewandt. Die dabei gewonnenen Resultate zeigt Tabelle D, in welcher Rubrik I diejenigen Zahlen enthält, welche sich bei der Digestion der Substanz mit dem Säuregemisch bis zur völligen Zerstörung der organischen Stoffe (also ohne Zusatz von Kaliumpermanganat) ergeben hatten; die unter Rubrik II und III verzeichneten Proben sind gleich lange Zeit digerirt worden; bei II wurde sofort nach dem Abstellen des Erhitzens, bei III erst nach dem Oxydiren mit Kaliumpermanganat die gebildete Menge von Ammoniak bestimmt.

---

[1] *Zeitschrift für analyt. Chemie.* 1887. S. 590.

Tabelle D.

Nr.	20 ccm Säuregemisch mit:	I Digestion bis zur Zerstörung der organ. Stoffe (ohne $KMnO_4$) NH_3 %	I entspr. N %	II Menge des gebildeten NH_3 z. Zeit, als mit $KMnO_4$ oxydirt wurde NH_3 %	II entspr. N %	III Oxydation mit $KMnO_4$ NH_3 %	III entspr. N %	Differenzen zwischen I—III im NH_3-Befund	Differenzen zwischen III—II im NH_3-Befund
1	keinem Zusatz	**10·39**	8·56	**9·39**	7·74	**9·73**	8·01	+0·66	+0·34
2	keinem Zusatz	—	—	**9·33**	7·69	**9·88**	8·14	+0·51	+0·55
3	keinem Zusatz	—	—	—	—	**9·56**	7·87	+0·83	+0·23
4	0·7 grm HgO	**10·28**	8·47	**9·26**	7·63	**9·65**	7·95	+0·63	+0·39
5	dsgl.	—	—			**9·25**	7·62 (starke Feuererschein.)	+1·03	−0·01
6	0·5 CuO + 1 grm Zucker	**10·50**	8·65	**9·83**	8·10	**9·36**	7·71 (starke Feuererschein.)	+1·14	−0·47

Die Resultate bei I und III unter einander verglichen beweisen einmal, dass beim Oxydiren mit Kaliumpermanganat ganz bedeutend weniger Stickstoff gefunden werden kann, als wenn man bis zur vollendeten Zerstörung der organischen Stoffe ohne Zuhülfenahme dieses energisch wirkenden Oxydationsmittels erhitzt, und dann, dass diese Verluste besonders grosse wurden, wenn während des Zusatzes von übermangansaurem Kalium (Versuche 5 und 6) eine sehr energische Verbrennung, die sich durch das Auftreten stärkerer Feuererscheinungen und Verpuffungen bemerkbar machte, stattgefunden hatte. Vergleichen wir ausserdem die Versuchsreihen II und III mit einander — also die Menge des Ammoniaks, welche sich gebildet hatte, als die Digestion behufs Behandlung der Flüssigkeit mit Permanganat eingestellt worden war, (II), mit der nach dieser Oxydation vorhandenen Ammoniakmenge (III) —, so zeigt es sich, dass zwar durch das Oxydationsmittel ein Theil des noch nicht in Ammoniak umgewandelten organischen Stickstoffs in dieses übergeführt, dass jedoch diese Umwandlung keine quantitative war, da die Befunde bei III geringere sind, als die unter I verzeichneten. Man kann zur Erklärung dieser Thatsache wohl annehmen, dass die Einwirkung des Permanganats auf die noch vorhandenen organischen Stoffe einer vollständigen Verbrennung der letzteren gleich zu setzen ist, eine Annahme, die durch das Auftreten der Feuererscheinung wachgerufen wird. Bei diesem Vorgange vermögen aber nicht allein die noch in der Flüssigkeit vorhandenen stickstoffhaltigen organischen Körper ihren Stickstoff als solchen oder vielleicht

in Form von Stickstoff-Sauerstoffverbindungen abzugeben, sondern es wird auch bereits gebildetes Ammoniak in Mitleidenschaft gezogen werden. Dass letzteres stattfinden könne, darauf deuten die schon erwähnten Versuche 5 und 6 hin, bei denen sich während des Zusatzes des Permanganats eine stärkere Feuererscheinung und Verpuffung gezeigt hatte, als bei den anderen Versuchen, und bei denen dann der Ammoniakgehalt fast der gleiche, bezw. ein geringerer war, als vor der Oxydation.

Aehnliche Erfahrungen, wie beim Fleischextract, haben wir auch bei Versuchen mit einer Pferdefutterconserve gemacht. Letztere lieferte nach 11 stündigem Erhitzen mit dem Säuregemische allein 2·55 Procent N, nach 7 stündigem Erhitzen und darauffolgender Oxydation mit Permanganat nur 1·99 Procent N., mithin beträgt die Differenz zwischen beiden Versuchen 0·56 Procent. Eine grössere Menge der nämlichen Futterconserve (2·192 grm) wurde weiterhin mit 100 ccm des Säuregemisches vorsichtig erhitzt, bis eine gelbrothe Färbung der Lösung eingetreten war. Es wurden alsdann mittels Pipette Portionen von je 20 ccm entnommen, von denen der eine Theil (I) mit dem Säuregemisch bis zu Ende digerirt, der andere Theil (II) einer Oxydation mit Permanganat unterworfen wurde.

I ergab a) 2.57 Procent, II a) 2·31 Procent Stickstoff.
b) 2·59 „ b) 2·16 „ „

Es wurde also auch hier — wo Flüssigkeiten vorlagen, in denen die Ammoniakbildung genau gleich weit vorgeschritten war — weniger Stickstoff nach der Behandlung mit Permanganat gefunden, als ohne Zusatz dieses Salzes. Die Differenzen (0·26 und 0·43 Procent) sind hier zwar nicht so bedeutend, wie bei den obigen Versuchen mit Fleischextract, jedenfalls aber noch charakteristisch für die Beurtheilung der Anwendbarkeit des in Rede stehenden Oxydationsmittels.

Ziehen wir das Facit aus diesen Versuchen, so gelangen wir — in Uebereinstimmung mit vielen Analytikern, die ähnliche Erfahrungen wie wir mit dem Permanganat gemacht hatten — dahin, von der Anwendung des Kaliumpermanganats zur Vollendung der Zerstörung der organischen Stoffe bei der Kjeldahl'schen Methode abzurathen, zumal uns als Ersatz dafür, wie wir sehen werden, andere geeignetere Oxydationsmittel zu Gebote stehen. Die Angabe Kjeldahl's (a. a. O), nach welcher „niemals ein Verlust an Ammoniak und selbst dann nicht eintreten soll, wenn man die Oxydation auf's Aeusserste beschleunigt, obwohl beim Zufügen des Permanganats oft die Entwickelung eines weissen Rauches, bisweilen sogar Feuererscheinung stattfindet," können wir nach diesen Ergebnissen nicht als richtig anerkennen.

Als Ersatz für das Kaliumpermanganat sind zuerst von Wilfarth und darauf von anderen Analytikern Metallverbindungen empfohlen worden; diese sollen die oxydirende Wirkung der Schwefelsäure unterstützen und

zur Folge haben, dass die Digestion in kürzester Zeit vollendet sei. Dass mit Hülfe dieser Mittel nicht allein der beabsichtigte Erfolg erreicht, sondern dass auch die Methode an und für sich ihrer allgemeineren Anwendbarkeit viel näher gebracht worden ist, seitdem man mit Metallzusätzen arbeitet, ist bereits am Eingang dieser Arbeit hervorgehoben worden, und wird auch durch den Umstand bewiesen, dass sich wohl kaum noch ein Laboratorium finden dürfte, in dem die Endoxydation mit Permanganat zur Anwendung gebracht wird.

Wir kommen nunmehr zu unserer vierten Frage.

Vergleichende Prüfungen des Einflusses der Metallverbindungen auf den Ausfall und die Dauer der Stickstoffbestimmungen bei Nahrungs- und Genussmitteln liegen nur ganz vereinzelt oder meist als nebensächlich behandelte Gegenstände vor. Zu erwähnen ist die Arbeit von Kulisch,[1] welcher nach der ursprünglichen Kjeldahl'schen Methode bei Wein, Most und Hefe anfänglich wenig übereinstimmende Zahlen erhielt; bei Verwendung eines Gemisches von rauchender, concentrirter Schwefelsäure und Phosphorsäureanhydrid, sowie von Kupferoxyd waren seine Erfahrungen ebenfalls wenig günstige, dagegen gute bei Verwendung von metallischem Quecksilber, welches, wie Kulisch hervorhob, die Digestionsdauer auch wesentlich abkürzte. L. Weigert[2] hat bei den nämlichen Gegenständen mit Quecksilber und concentrirter Schwefelsäure gute Resultate erzielt. H. Weiske[3] erhielt bei der Analyse von Milch nach Kjeldahl's Methode stets etwas höhere, aber „zweifellos richtigere Werthe", als nach der Will-Varrentrapp'schen Methode; derselbe erwähnt noch, dass es bei Anwendung von Schwefelsäure und Phosphorsäureanhydrid gleichgültig ist, ob man mit Permanganat oxydirt oder nicht. V. Dircks[4] kam bei Milch zu den nämlichen Ergebnissen.

Im Nachfolgenden sind unsere Resultate wiedergegeben, welche wir bei der vergleichenden Prüfung mit einigen Nahrungs- und Genussmitteln erhielten.

Zu diesen Versuchen haben wir nicht nur die Methoden hinzugezogen, welche Metalloxyde verwenden, sondern auch solche, welche den Zusatz von Zucker und Benzoësäure empfehlen, obzwar letztere nur bei salpeterreichen Substanzen in Betracht kommen, was bei den Nahrungsmitteln selten zutrifft.

---

[1] *Zeitschrift für analyt. Chemie.* 1886. S. 149.

[2] *Mittheilungen K. K. Versuchs-Station Klosterneuburg.* 1888. S. 92.

[3] *Landwirthschaftliche Versuchs-Station.* Bd. XXXIII. S. 305.

[4] *Milchzeitung.* 1885. Jhrg. 16. S. 85

Wir sind uns wohl bewusst, dass unsere Versuche noch nicht ausreichen, um die hier aufgestellte Frage definitiv zu entscheiden; immerhin liefern uns dieselben aber bereits in ihrer jetzigen Gestalt werthvolle Anhaltspunkte für die Beurtheilung der in Rede stehenden Methoden, und glaubten wir daher, mit der Veröffentlichung der bisherigen Ergebnisse nicht zögern zu dürfen. Wir behalten uns vor, noch weitere Untersuchungen anzustellen, um die Lücken auszufüllen.

Auf möglichste Innehaltung gleichmässiger Bedingungen, besonders auf gleichmässiges Erhitzen in der oben beschriebenen Weise wurde die grösste Sorgfalt verwendet, denn gerade auf die Gleichmässigkeit der Ausführung kommt es bei vergleichenden Prüfungen der Methoden vor allen Dingen an!

Um zunächst zu ermitteln, ob ein und dasselbe Verfahren übereinstimmende Ergebnisse liefere, wurde der Stickstoff in Milch, einer Futterconserve, Weizenmehl, Roggenbrod und Thee bestimmt. Die Tabelle E enthält die Resultate.

Tabelle E.

20 ccm Säuregemisch mit folgenden Zusätzen	Milch		Futtercons.		Weizenmehl		Roggenbrod		Thee	
	Erhitzungsdauer	% N in 100 grm	Erhitzungsdauer	% N der urspr. Subst.	Erhitzungsdauer	% N der Trockensubstanz	Erhitzungsdauer	% N der Trockensubstanz	Erhitzungsdauer	% N der Trockensubstanz
Ohne Zusatz	9 h	0·546	11 h	2·55	8 h	1·74	12 h	1·48	11 h	3·60
	8½	0·543	10½	2·50	8	1·70	12	1·58	11	3·60
					8	1·74				
+0·7 grm HgO	2	0·523	3	2·45	3½	1·83	3	1·47	4	3·56
	2	0·539	3	2·50	3½	1·83			4	3·61
					3½	1·76				
0·5 grm $CuSO_4$ (wasserfrei)	7	0·525	5	2·44						
	6½	0·522	5¼	2·51						
1 grm Hg +0·5 grm $CuSO_4$	2	0·531	3	2·48						
	2	0·538	2¾	2·52						
0·5 grm $CuSO_4$ +1 grm Zucker			6	2·54	6	1·78	10	1·54	6	3·70
			5¾	2·45	5½	1·67	10	1·56	6	3·60
1 grm Hg +0·5 grm $CuSO_4$ +1 grm Zucker			4	2·54	4½	1·71				
			4¼	2·46	4½	1·73				
					4½	1·79				
1 grm Hg +0·5 grm $CuSO_4$ + 1 grm Zucker, + 1 grm Benzoës.			6	2·57	6	1·73	6	1·57	5	3·59
			6	2·50	6	1·63	6	1·50		
0·5 grm $CuSO_4$ 5 Tropf. $PtCl_4$ (Ulsch)			2	2·32						
			1½	2·30						
			1¾	2·39						

Die Differenzen zwischen den einzelnen Bestimmungen nach der nämlichen Methode stellen sich nach dieser Tabelle wie folgt:

	Kjeldahl	Wilfarth		Arnold	Asbôth	Arnold	Arnold	Ulsch
	ohne Zusatz von $KMnO_4$	0·7 grm HgO	0·5 grm $CuSO_4$	1 grm Hg + 0·5 grm $CuSO_4$	0·5 grm $CuSO_4$ + 1 grm Zucker	1 grm Hg + 0·5 grm $CuSO_4$ + 1 grm Zuck.	1 grm Hg + 0·5 grm $CuSO_4$ + je 1 grm Zucker u. Benzoësäure	0·5 grm $CuSO_4$ 5 Tropf. $PtCl_4$
Milch	0·003	0·016	0·003	0·007	—	—	—	—
Futterconserve	0·05	0·05	0·07	0·04	0·09	0·08	0·07	0·09
Weizenmehl	0·04	0·07	—	—	0·11	0·08	0·10	—
Roggenbrod	0·10	—	—	—	0·02	—	0·07	—
Thee	0·0	0·05	—	—	0·10	—	—	—

Hiernach zeigen die Zahlen befriedigende und sogar in einzelnen Fällen sehr gute Uebereinstimmung.

Die nach den verschiedenen Verfahren bei dem nämlichen Gegenstande erhaltenen Resultate ersehen wir aus der Tabelle F. (S. 210.) Bei Beurtheilung derselben können wir da, wo mehrere Versuche nach demselben Verfahren vorhanden sind, den eben constatirten Erfahrungen zu Folge, die Mittelwerthe in Vergleich stellen.

Zusammenstellung, enthaltend die Differenzen zwischen den Bestimmungen der Tabelle F. (S. 210.)

	I		II		III	IV
	Höchster Befund		Niedrigster Befund		Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Befunde	Differenz berechnet in Procenten des höchsten Befundes
	Methd. Nr. d. Tab. F.	Proc. N	Methd. Nr. d. Tab. F.	Proc. N		
Fleischextract	5	8·65	8	8·33	0·32	3·69
Kemmerich's Pepton	1	9·91	2	9·72	0·19	1·91
Käufl. Caseïn	1	10·82	7	10·66	0·16	1·48
Milch	1	0·544	3	0·523	0·021	3·86
Futterconserve	7 bezw. 1	2·54	8	2·34	0·20	7·87
Weizenmehl	2	1·81	7	1·68	0·13	7·18
Roggenbrod	5	1·55	2	1·47	0·08	5·16
Kaffee	1	2·42	7	2·38	0·04	1·65
Thee	5	3·65	2 bezw. 7	3·59	0·06	1·64
Wein	—	0·026	—	0·026	0	0
Bier	1,2,4,5,6,7.	0·075	8	0·063	0·012	16·0

Tabelle

Methode Nr.	20 ccm Säuregemisch mit folgenden Zusätzen	I Fleischextract		II Kemmerich's Fleischpept.		III Käufliches Caseïn		IV Milch		V Futterconserve	
		Dauer des Erhitzens	% N auf urspr. Substanz	Dauer des Erhitzens	% N auf urspr. Substanz	Dauer des Erhitzens	% N auf urspr. Substanz	Dauer des Erhitzens	% N in 100 grm Milch	Dauer des Erhitzens	% N auf urspr. Substanz
1	Ohne Zusatz	10^h	8·56	4^h	9·91	6^h	10·82	9^h	0·546	11^h	2·55
								$8^1/_2$	0·543	$10^1/_2$	2·50
								Mittel	0·544	Mittel	2·53
2	0·7 grm HgO	$2^1/_2$	8·47	$2^1/_2$	9·72	$2^1/_2$	10·75	2	0·523	3	2·45
								2	0·539	3	2·50
								Mittel	0·531	Mittel	2·48
3	0·5 grm wasserfr. $CuSO_4$ oder CuO	4	8·36	$3^1/_2$	9·85			7	0·525	5	2·44
								$6^1/_2$	0·522	$5^1/_4$	2·51
								Mittel	0·523	Mittel	2·48
4	1 grm Hg + 0·5 grm $CuSO_4$ (wasserfrei) oder CuO	$2^1/_4$	8·38	$1^1/_2$	9·89			2	0·531	3	2·48
								2	0·538	$2^3/_4$	2·52
								Mittel	0·534	Mittel	2·50
5	0·5 grm $CuSO_4$ (wasserfrei) + 1 grm Zucker	5	8·65			5	10·72			6	2·54
										$5^3/_4$	2·45
										Mittel	2·49
6	1 grm Hg + 0·5 grm $CuSO_4$ (wasserfrei) + 1 grm Zucker	$2^3/_4$	8·36							4	2·54
										$4^1/_4$	2·46
										Mittel	2·50
7	1 grm Hg + 0·5 grm $CuSO_4$ (wasserfr.) + je 1 grm Zucker u. Benzoësäure	$4^1/_4$	8·49			4	10·66			6	2·57
										6	2·50
										Mittel	2·54
8	0·5 grm wasserfreies $CuSO_4$, 5 Tropfen $PtCl_4$-Lösung nach Ulsch	$1^1/_2$	8·36	1	9·86					2	2·32
		$1^1/_2$	8·30							$1^1/_2$	2·30
		Mittel	8·33							$1^3/_4$	2·39
										Mittel	2·34
9	Will-Varrentrapp		8·13		9·62		10·65		0·524		2·18

F.

VI		VII		VIII		IX		X		XI	
Weizenmehl		Roggenbrod		Kaffee		Thee		Wein		Bier	
Dauer des Erhitzens	% N in der Trockensubst.	Dauer des Erhitzens	% N in der Trockensubst.	Dauer des Erhitzens	% N in der Trockensubst.	Dauer des Erhitzens	% N in der Trockensubst.	Dauer des Erhitzens	% N in 100 grm	Dauer des Erhitzens	% N in 100 grm
8^h	1·74	12^h	1·48	14^h	2·42	11^h	3·60	7^h	0·026	7^h	0·075
8	1·70	12	1·58			11	3·60				
8	1·74	Mittel	1·53			Mittel	3·60				
Mittel	1·72										
3½	1·83	3	1·47	2¾	2·39	4	3·56	2	0·026	2¾	0·075
3½	1·83					4	3·61				
3½	1·76					Mittel	3·59				
Mittel	1·81										
								4½	0·026	3	0·068
								2	0·026	2½	0·075
6	1·78	10	1·54	5	2·40	6	3·70	6	0·026	6	0·075
5½	1·67	10	1·56			6	3·60				
Mittel	1·73	Mittel	1·55			Mittel	3·65				
4½	1·71			2¾	2·40			2¾	0·026	3	0·075
4½	1·73										
4½	1·79										
Mittel	1·74										
6	1·73	6	1·57	5	2·38	5	3·59	5	0·026	4½	0·075
6	1·63	6	1·50								
Mittel	1·68	Mittel	1·54								
								1½	0·026	2	0·063
	1·63		1·46		2·31		3·52		0·021		0·062

Die Differenzen der für ein und dasselbe Nahrungsmittel nach den verschiedenen Modificationen erhaltenen Werthe schwanken wie die obenstehende Zusammenstellung darthut, zwischen 0·0 bis 0·32 Procent. Man könnte letztere, sowie einige andere der unter III enthaltenen Differenzen für bereits sehr hohe halten. Wie jedoch Rubrik IV zeigt, entspricht bei dem hohen Stickstoffgehalt des Fleischextractes eine Abweichung von 0·32 Procent N nur einem Stickstoffverlust von 3·69 Procent, wenn man den höchsten Befund, als den muthmasslich richtigen, zu 100 Procent annimmt. Von diesem Gesichtspunkte aufgefasst, könnten die Bestimmungen bei der Futterconserve, Weizenmehl, auch bei Roggenbrod, hauptsächlich aber bei Bier, eigentlich wenig befriedigen, bei welchem letzteren besonders die scheinbar geringe Differenz von 0·012 Proc. bereits 16 Proc. Verlust an Stickstoff bezeichnet. Sieht man aber die Zahlen in der Tabelle F näher an, so bemerkt man, dass dieser auf den ersten Blick für die Beurtheilung der Verfahren ungünstig erscheinende Ausfall der Resultate sich günstiger stellt, da die auffälligen Differenzen meist durch *eine einzelne Modification verursacht worden sind, während die Mehrzahl der Methoden untereinander ganz gut übereinstimmende Werthe lieferte.* Dieses zeigt die nachstehende Zusammenstellung.

Von d. angew. 8 Verf. gaben bei Fleischextract	4 unterein. Diff. bis	0·18 Proc.
	4 „ „ „	0·32 „
„ „ „ 5 „ „ „ Kemmerich's Pepton	4 „ „ „	0·06 „
	1 „ „ „	0·19 „
„ „ „ 4 „ „ „ käufliches Caseïn	3 „ „ „	0·10 „
	1 „ „ „	0·16 „
„ „ „ 4 „ „ „ Milch	3 „ „ „	0·013 „
	1 „ „ „	0·021 „
„ „ „ 8 „ „ „ Futterconserve	7 „ „ „	0·06 „
	1 „ „ „	0·20 „
„ „ „ 5 „ „ „ Weizenmehl	4 „ „ „	0·08 „
	1 „ „ „	0·13 „
„ „ „ 4 „ „ „ Roggenbrod	3 „ „ „	0·01 „
	1 „ „ „	0·08 „
„ „ „ 5 „ „ „ Kaffee	5 „ „ „	0·04 „
„ „ „ 4 „ „ „ Thee	4 „ „ „	0·06 „

Von den angewandten acht Verfahren ferner gab *bei Bier* nur eines derselben die oben hervorgehobene Differenz von 0·012 Proc. (entsprechend 16 Procent N-Verlust), sechs Verfahren dagegen gaben übereinstimmend 0·075 Procent N, und eins 0·068 Procent N, bei Wein fielen die Zahlen nach allen acht Verfahren übereinstimmend aus.

Von den Methoden ist die Ulsch'sche 3 mal angewandt worden und hat jedesmal die niedrigsten Werthe ergeben. Diese Beobachtung stimmt auch mit den von Dafert (a. a. O.) gemachten Erfahrungen überein. Da aber dieses Verfahren seiner kurzen Dauer wegen gerade für die Praxis von Vortheil ist, sollen weitere bereits in Angriff genommene Untersuchungen die Bedingungen feststellen, unter denen die Stickstoffverluste vermeidbar sind. Von den anderen Methoden haben einzelne (z. B. 2, 3 und 7) zwar hin und wieder sehr niedrige Resultate geliefert, doch wird man wohl aus sämmtlichen vorliegenden Zahlen den Schluss ziehen dürfen, dass alle Methoden — vorläufig mit Ausnahme des Ulsch'schen Verfahrens — hinsichtlich ihrer Ergebnisse als gleichwerthig anzusehen sind.

Was nun die Dauer der Bestimmung anbetrifft, so zeigte es sich, dass durch den Zusatz von Metalloxyden eine ausserordentliche Abkürzung gegenüber der Digestion mit dem Säuregemisch allein herbeigeführt worden ist. Besonders günstig stellt sich in dieser Beziehung die gleichzeitige Anwendung von Platinchlorid mit Kupfersulfat, dann folgt das metallische Quecksilber zusammen mit Kupfersulfat, bezw. Kupferoxyd, und in dritter Reihe das Quecksilberoxyd. Der Zusatz von Benzoësäure oder Zucker, bezw. von beiden zusammen hat eine Verlängerung der Erhitzungsdauer veranlasst und ist überhaupt auf den Ausfall des Analysenergebnisses bei unseren Substanzen ohne Einfluss gewesen. Wir können von ihrer Verwendung bei der Nahrungsmittelanalyse ganz absehen.

Beim Vergleich der nach der Kjeldahl'schen Methode mit und ohne Zusatz von Metallen gewonnenen Resultate mit denjenigen, welche uns das Will-Varrentrapp'sche Verfahren lieferte (Tab. F), finden wir, dass das letztere in der Mehrzahl niedrigere Zahlen ergab, als die erstere. So waren die mit der Natronkalk-Methode erhaltenen Stickstoffprocente bei:

Fleischextract . . .	um	0·2 —0·52	Procent
Kemmerich's Pepton	„	0·1 —0·29	„
Caseïn	„	0·01 —0·17	„
Milch	„	—0·02	„
Futterconserve . . .	„	0·16 —0.36	„
Weizenmehl	„	0·05 —0·18	„
Roggenbrod	„	0·01 —0·09	„
Kaffee	„	0·07 —0·11	„
Thee	„	0·07 —0·13	„
Bier	„	0·001—0·013	„
Wein	„	—0·025	„

niedriger als die nach dem Kjeldahl'schen Verfahren gefundenen.

Nach diesen Erfahrungen können wir zur schnellen Zerstörung der organischen Substanzen und der quantitativen Ueberführung des Stickstoffs in Ammoniak die gemeinschaftliche Einwirkung von 1 ^{grm} metallischem Quecksilber und 0·5 ^{grm} wasserfreiem Kupfersulfat oder Kupferoxyd, welche zu 20 ^{ccm} des Schwefelsäure-Phosphorsäuregemisches zugefügt werden, empfehlen. Man wird diese Reagentien zunächst bei klein gestelltem Brenner ca. $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunden, womöglich bis zur erfolgten Lösung, auf die Substanz wirken lassen. Flüssigkeiten dampft man direct im langhalsigen Zersetzungskolben ein, wobei man ein etwa eintretendes Stossen der Flüssigkeit durch Zusatz von Zink und Schwefelsäure verhindern kann. Bei Substanzen, welche während des Eindampfens Ammoniak bezw. andere Stickstoffverbindungen verlieren können, ist Säure selbstverständlich zuzusetzen. Sind Nitrate in nicht zu grossen Mengen vorhanden, so reducirt man sie zu Ammoniak, indem man Zink in Form von Zinkstaub verwendet. Das Eindampfen kann man ferner auch in Hofmeister'schen Schälchen oder in Porzellanschalen unter Verwendung von Sand oder Gyps ausführen, und verfährt mit dem Ueberführen des Trockenrückstandes in den Zersetzungskolben in diesem Falle wie bei der Natronkalkmethode, nur dass man den in den Porzellanschalen noch verbliebenen Rest in 5 bis 10 ^{ccm} des Säuregemisches löst und nachher mit 15 bis 20 ^{ccm} des letzteren nachspült, (so dass die Säure im Ganzen 20 ^{ccm} beträgt). Um für die Bestimmung fester Substanzen, die von Hause aus kein gleichmässiges Gemenge vorstellen, gute Durchschnittsproben zu erhalten, ist das Verfahren von König[1] sehr zu empfehlen. Das Alkalisiren der Digestionsflüssigkeit, sowie das Abdestilliren und Titriren des Ammoniaks geschieht, wie bei der Beschreibung der Versuchsanordnung (S. 191) angegeben wurde.

Wichtige Anhaltspunkte liefert uns die Bestimmung des Stickstoffs ferner noch für die Beurtheilung der Beschaffenheit von Schmutzwässern, indem wir durch dieselbe einen bestimmten Werth erhalten für den wichtigsten Theil der in letzteren befindlichen organischen Stoffe, nämlich für die stickstoffhaltigen Substanzen. Bisher bestimmte man entweder nur den sogenannten Albuminoid-Stickstoff nach Wanklyn oder man benutzte zur Bestimmung des Gesammtstickstoffgehaltes die Natronkalkmethode.

Was nun das Wanklyn'sche Verfahren anbetrifft, so giebt uns dasselbe weder den Gesammt-Stickstoffgehalt der fäulnissfähigen Stoffe noch

[1] *Zeitschrift für angew. Chemie.* 1888. S. 629.

denjenigen der Fäulnissproducte an, wie dies von Preusse und Tiemann[1] an einer Anzahl von Stickstoffverbindungen der genannten Kategorieen nachgewiesen worden ist. Nach eigenen Versuchen mit einer Indollösung (1 : 1000), die nach Wanklyn's Vorschrift mit alkalischer Permanganatlösung destillirt wurde, erhielten wir nur 85·5 und 87·6 Procent des im Indol vorhandenen Stickstoffs wieder. Wir werden daher stets gezwungen sein, für den genannten Zweck eine Methode anzuwenden, welche uns den gesammten Stickstoff der in den Schmutzwässern befindlichen organischen Stoffe quantitativ zu bestimmen gestattet, und dies wird häufig besonders dann nothwendig werden, wenn es sich um die Beurtheilung eines Reinigungsverfahrens handelt.

Um nun zu sehen, in welchem Verhältnisse die nach Wanklyn gewonnenen Werthe zu dem in organischer Verbindung befindlichen Stickstoff eines Schmutzwassers stehen, haben wir eine Reihe von Bestimmungen nach dieser Methode, nach Will-Varrentrapp und nach Kjeldahl in der unten angegebenen Weise (S. 216) ausgeführt. Diese ergaben die in der Tabelle G verzeichneten Resultate, welche nur das aus den organischen Stoffen berechnete Ammoniak vorstellen:

Tabelle G.

	Milligramm Ammoniak im Liter					
	Will-Varrentrapp 1	Kjeldahl (mit Hg u. $CuSO_4$) 2	Wanklyn 3	Differenzen 1—3	Differenzen 2—3	in Procent. des nach Kjeldahl gefundenen NH_3
Jauche a[2] (stark in Fäulniss übergegang.)	230·4	235·0	185·5	44·9	49·5	= 21·0
Jauche a n. Dekantirung	110·2	119·6	100·5	9·7	19·1	= 15·9
Jauche b (frisch)	460·8	472·7	310·9	149·9	161·8	= 34·2
„ nach Dekantirung	360·9	365·0	268·5	92·4	96·5	= 26·4
Jauche c (frisch)	506·8	516·0	328·4	178·4	187·6	= 36·3
„ nach Dekantirung	400·2	409·8	310·0	90·2	99·8	= 24·3

Es sind diesen Bestimmungen zufolge — die Kjeldahl'schen Zahlen zu Grunde gelegt —

von Jauche a 79·0 Procent
„ „ b 65·8 „
„ „ c 63·7 „
} des organischen Stickstoffs nach der Wanklyn'schen Methode in Ammoniak übergeführt worden.

[1] *Berichte der chem. Gesellschaft.* Bd. XII. S. 1921.

[2] Die Schmutzwässer enthielten reichliche Mengen Urin und Faekalmassen, sowie von suspendirten Substanzen.

Bei der decantirten Jauche	a	sind 84·1	Procent
„ „ „ „	b	„ 73·6	„
„ „ „ „	c	„ 75·7	„

des organischen Stickstoffs als Ammoniak wiedergefunden worden. Es hat zwar den Anschein, als ob das Verhältniss des Albuminoid-Stickstoffs zu dem Stickstoffgehalte der organischen Stoffe in einem constanten Verhältnisse stehe, jedoch lassen sich bestimmte Schlüsse noch nicht ziehen. Bei der in Fäulniss übergegangenen Jauche wurde im Verhältniss zum Gesammtstickstoff mehr Albuminoid-Stickstoff gefunden, als bei der frischen Jauche.

Bemerkt sei noch, dass die nach der Wanklyn'schen Methode erzielten Resultate bei einem und demselben Schmutzwasser gut übereinstimmen.

		Mittel			Mittel
Jauche a ergab	187·5 184·0 185·0	185·5 mgr NH_3 im Liter;	nach dem Decantiren	100·8 101.2 99·5	100·5 mgr NH_3 im L.
„ b „	309·4 310·8 312·5	310·9	„ „ „	269·8 268·0 267·7	268·5
„ c „	329·2 328·5 327·5	328·4	„ „ „	311·2 309·0 309·8	Mittel 310·0 mgr NH_3 im L.

Das überdestillirte Ammoniak wurde titrimetrisch bestimmt.

Die bei der Bestimmung des Stickstoffs in Schmutzwässern ausnahmslos bisher angewandte Methode ist die Will-Varrentrapp'sche. König[1] hält dieselbe bei den „fauligen und fäulnissfähigen Schmutzwässern" für besser und sicherer, als die Kjeldahl'sche Methode. Dagegen hat Arnold[2] mit seiner Modification des Kjeldahl'schen Verfahrens (Quecksilber, Kupfersulfat, Benzoësäure und Zucker) befriedigende Resultate erhalten.

Wir hatten im hygienischen Institut Untersuchungen über ein Reinigungsverfahren von Schmutzwässern anzustellen und dabei Gelegenheit gehabt, die verschiedenen Kjeldahl'schen Modificationen in ihrer Leistungsfähigkeit zu prüfen. Unsere Erfahrungen sind durchaus günstige.

Die im Institut zur Untersuchung vorliegenden Schmutzwässer enthielten nur Spuren von Nitraten. Dieselben wurden an Ort und Stelle für diesen Zweck gleich in abgemessenen Quantitäten entnommen und — je nach dem Grade ihrer Alkalität — sofort mit 5 bis 10 ccm verdünnter Schwefelsäure bis zur sauren Reaction versetzt. Hierdurch wird

[1] *Die Verunreinigung der Gewässer.* 1887. S. 535, Anm.
[2] *Zeitschrift chem. Ind.* 1887. S. 4.

Tabelle H.

Methode-Nr.	20 ccm Schwefelsäure-gemisch	Schmutzwasser m. Spuren v. Nitraten: nicht decantirt: Dauer des Erhitz. h	Schmutzwasser m. Spuren v. Nitraten: nicht decantirt: Milligr. N im Liter	Schmutzwasser m. Spuren v. Nitraten: decantirt: Dauer des Erhitz. h	Schmutzwasser m. Spuren v. Nitraten: decantirt: Milligr. N im Liter	Decantirtes Schmutzwasser mit 0·5 grm KNO_3 im Liter Mgrm. N im Liter	Differenz von dem berechnet. Mittel (332·4 mg. N. i. L.) Mgrm. N i. L.
1	allein	4	451·0	$3^3/_4$	262·5		
		$4^1/_2$	450·0	$4^1/_4$	263·1	330·4	
		4	450·5	4	264·0	331·5	
			Mittel 450·5		Mittel 263·2	Mittel 330·9	1·5
2	+ 0·7 grm HgO	$1^1/_2$	450·8	$1^1/_4$	263·5		
		$1^3/_4$	451·2	$1^1/_2$	264·1	330·1	
		$1^1/_2$	450·6	$1^1/_2$	264·5	331·5	
			Mittel 450·9		Mittel 264·0	Mittel 330·8	1·6
3	+0·5 grm wasserfreiem $CuSO_4$ bezw. CuO	2	449·6	$1^3/_4$	264·5		
		2	450·3	$1^3/_4$	263·7	329·8	
		$1^3/_4$	450·1	$1^3/_4$	263·1	331·0	
			Mittel 450·0		Mittel 263·7	Mittel 330·4	2·0
4	+ 1 grm Hg + 0·5 grm $CuSO_4$ oder CuO	$1^1/_4$	451·0	1	263·9		
		$1^1/_2$	450·0	$1^1/_4$	264·5	331·0	
		$1^1/_4$	451·1	1	263·6	329·8	
			Mittel 450·7		Mittel 264·0	Mittel 330·4	2·0
5	mit 1 grm Hg + 0·5 grm $CuSO_4$ + je 1 grm Zucker und Benzoësäure	3	449·8	$2^1/_4$	262·4		
		$2^3/_4$	451·6	$2^1/_2$	263·1	330·8	
		$2^3/_4$	450·5	$2^1/_4$	263·5	330·1	
			Mittel 450·6		Mittel 263·0	Mittel 330·4	2·0
6	mit 0·5 grm $CuSO_4$ und 5 Tropfen Ulsch'scher $PtCl_4$-Lösung	1	446·8	1	260·8		
		$1^1/_4$	448·5	1	259·7	328·9	
		$1^1/_4$	447·7	1	262·4	327·6	
			Mittel 447·6		Mittel 260·9	Mittel 328·2	4·2
7	Will-Varrentrapp		438·9		239·8	328·5	3·9
			440·7		245·7		
			Mittel 439·8		Mittel 242·7		

sowohl eine weitere Zersetzung der organischen Substanzen durch Fäulniss, als auch eine Verflüchtigung von Ammoniak verhütet. Diese Vorsichtsmassregel erwies sich dann als besonders vortheilhaft, wenn wegen zu grosser Anzahl von Proben nicht alle sofort in Arbeit genommen werden konnten.

Je 100 bis 300 ^{ccm} dieser angesäuerten Schmutzwässer wurden direct in den Kjeldahl'schen Zersetzungskölbchen eingedampft, nachdem zuvor durch Zusatz von Zinkstaub und einem Tropfen Platinchlorid, unterstützt durch ganz gelindes Erwärmen, eine lebhafte Wasserstoffentwickelung herbeigeführt worden war, welche die vorhandenen Nitratspuren in Ammoniak umwandelte. (Diese Operation erfordert eine gewisse Vorsicht, da die Flüssigkeiten, besonders wenn dieselben behufs ihrer Reinigung mit Kalk behandelt worden waren, häufig stark schäumen.) Das Eindampfen geschah bis zur Syrupdicke, zuletzt unter Zusatz von einigen kleinen Stücken granulirten Zinks, welche ein Stossen der Flüssigkeit verhindern sollten. Dann erfolgte das Behandeln mit dem Säuregemisch.

Die nach den verschiedenen Methoden erzielten Resultate an Gesammtstickstoff giebt die Tabelle H wieder, und finden wir auch hier die gewünschte Uebereinstimmung.

Das Ulsch'sche Verfahren (Nr. 6) hat wieder die niedrigsten Zahlen geliefert, dagegen die kürzeste Zeit beansprucht. In letzterer Beziehung folgen dann die Methoden mit Quecksilber-Kupferoxyd (Nr. 4) und mit Quecksilberoxyd (Nr. 2). Da die zwischen der Ulsch'schen und den übrigen Methoden beobachteten Differenzen aber hier nicht allzu grosse sind, so wird man alle geprüften Verfahren als gleich zulässig für die Untersuchung von Schmutzwässern erklären können.

Die Kjeldahl'schen Verfahren geben, wie dies die Tabellen G u. H zeigen, stets höhere Werthe, wie die Natronkalkmethode.

Um die Methode bei Flüssigkeiten mit einem mässigen Salpetergehalte zu prüfen, wurde zu 1 Liter desselben Schmutzwassers nach seiner Decantation $0 \cdot 5^{grm}$ Salpeter zugesetzt. Diese müssen der Berechnung zu Folge eine Stickstoffvermehrung um $69 \cdot 3^{mgrm}$ pro Liter bewirken. Berechnet man aus den Mitteln der einzelnen Bestimmungen der Tabelle H wieder das Mittel und addirt die als Salpeter zugefügten $69 \cdot 3^{mgrm}$ N hinzu, so muss als Gesammtstickstoffgehalt der Jauche $263 \cdot 1 + 69 \cdot 3 = 332 \cdot 4^{mgrm}$ N pro Liter erhalten werden. In der vorletzten Reihe der Tabelle H sind die durch die Analyse ermittelten Stickstoffbefunde verzeichnet, welche beweisen, dass auch in diesem Falle die Methode nicht versagt.

Wir haben weiter geprüft, wie sich die von uns bevorzugte Kupferoxydquecksilber-Methode (Nr. 4) bei einem noch höheren Salpetergehalte

bewährt, und versetzten deshalb dasselbe decantirte Schmutzwasser mit 2 ^{grm} Salpeter, entsprechend 277·2 ^{mgrm} N, pro Liter. Die Gesammtstickstoffmenge muss nunmehr 263·1 + 277·2 = 540·3 ^{mgrm} pro Liter betragen. Die Versuche ergaben jedoch nur 468·5, 466·4 und 474·9 ^{mgrm} N. Es hat also in diesem Falle ein schon beachtenswerther Verlust von Stickstoff stattgefunden. Demzufolge dürfte es wohl das Vortheilhafteste bleiben, die Salpetersäure mit Eisenchlorür und Salzsäure aus der Flüssigkeit auszutreiben, bezw. sofort das dabei in Freiheit gesetzte Stickstoffoxyd zu bestimmen, daraus den Salpetergehalt zu berechnen und im Rückstande die Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl vorzunehmen. Rechnet man dann den in Form von Nitrat gefundenen Stickstoffgehalt zu dem mittelst des Kjeldahl'schen Verfahrens erhaltenen Stickstoff hinzu, so gewinnt man den Gesammtstickstoffgehalt der Substanz. Ein nach dieser Richtung angestellter Versuch ergab ein sehr zufriedenstellendes Resultat: 50 ^{ccm} der Jauche, welche im Liter 2 ^{grm} Nitrat, bezw. 540·3 ^{mgrm} N enthielt, wurden im Spiegel-Tiemann'schen[1] Apparate mit Eisenchlorür und Salzsäure behandelt; gefunden wurden 2·05 ^{grm} KNO_3 oder 284·1 (statt 277·2) ^{mgrm} N pro Liter; der Rückstand ergab noch 259·3 (statt 263·1) ^{mgrm} N im Liter, Zahlen, die mit den angewandten Stickstoff-, bezw. Nitratmengen sehr gut übereinstimmen. Als Entwickelungsgefäss für das Stickoxyd kann man gleich ein Kjeldahl'sches Zersetzungskölbchen mit etwas weiterem Halse benutzen.

Die Anwendung des wasserfreien Kupfersulfates, bezw. Kupferoxyds in Gemeinschaft mit metallischem Quecksilber wurde auch für die Stickstoffbestimmung in Bodenproben auf ihre Zuverlässigkeit untersucht. Hierbei musste wieder das Verhältniss des Salpetergehaltes zu der Menge der organischen Stoffe im Boden berücksichtigt werden. Befinden sich nämlich nur geringe Mengen von Nitraten neben grossen Quantitäten organischer Stoffe in der Probe, was einerseits durch die gebräuchlichen Salpetersäurereagentien im wässerigen Auszuge des Bodens andererseits durch eine Glühprobe sich leicht feststellen lässt, so bieten sich der Bestimmung des Stickstoffs auf dem gewöhnlichen Wege keine Schwierigkeiten dar. Handelt es sich aber um grössere Mengen von Nitraten, so bedarf die Methode einiger Modificationen, wie dies aus Nachstehendem hervorgeht.

Berthelot und André[2] schlagen in diesem Falle vor, die Erde mit ihrem vierfachen Gewichte kalten Wassers auszuwaschen, um die Nitrate

---

[1] *Diese Zeitschrift.* Bd. II. S. 163.
[2] *Compt. rend.* t. CVII. p. 207.

zu entfernen; bei dieser Behandlung sollen nur einige Milligramme, oder gar nur Bruchtheile von solchen, auch von den anderen N-haltigen Stoffen mit in Lösung gehen. Mit dem ungelöst Gebliebenen verfahren sie dann nach Kjeldahl's Vorschrift. Es leuchtet aber ein, dass die verschiedenen Bodenproben je nach der Beschaffenheit ihrer organischen Stoffe bei der Extraction mit Wasser ein verschiedenes Verhalten zeigen und bald mehr, bald weniger organische, darunter stickstoffhaltige Substanzen an die wässrige Lösung abgeben werden; daher wird der Fehler bei der einen Bodenart höher, bei der anderen niedriger ausfallen. Dies bestätigen die unten angeführten Versuche.

August Morgen[1] empfiehlt die Methode von Jodlbauer[2] mit der Modification, dass er den Boden mit einem mit Phenol versetzten Schwefelsäuregemisch, Zinkstaub und Quecksilber (0·05 grm des letzteren für je 5 grm Boden) digerirt.

Unsere Versuche zeigen, dass bei geringem Salpetersäuregehalte des Bodens unter den bei der Analyse von Schmutzwässern innegehaltenen Bedingungen (S. 216) gute Resultate erzielt werden, und dass man mitunter sogar auch den Zinkstaub fortlassen kann.

Wir prüften die eben besprochenen Verfahren an drei Bodenproben, von welchen die eine ein ziemlich dichter Torf aus 3 bis 4 m Tiefe war; 100 grm Trockensubstanz desselben gaben an 1 Liter destillirtes Wasser 1·3 mgrm N_2O_5 ab. Die zweite Probe war ein sogenannter „schlammiger Sand“, der bei gleicher Behandlung 0·6 mgrm N_2O_5 lieferte, und die dritte Probe bestand aus aufgeschüttetem Boden, der nur Spuren von N_2O_5 an Wasser abgab. Wir nahmen zu den Analysen je nach der Beschaffenheit des Materials 5 bis 20 grm.

	Berthelot-André Procent Stickstoff		Schwefelsäuregemisch, Quecksilber u. Kupfersulfat % Stickstoff: mit Zinkstaub		Ohne Zinkst.		Kupferoxyd allein mit reiner conc. Schwefels. % Stickstoff		Jodlbauer-Morgen % Stickstoff	
Torf	0·93	Mittel	1·04	Mittel	1·01	Mittel	1·02	Mittel	1·06	Mittel
	0·89	0·91	1·07	1·05	1·05	1·03	1·04	1·03	1·04	1·05
Schlammiger Sand	0·62	0·65	0·75	0·76	0·75	0·74	0·74	0·74	0·76	0·75
	0·68		0·78		0·73		0·74		0·74	
Aufgeschütteter Boden	0·041	0·043	0·052	0·052	0·052	0·052	0·05	0·05	0·054	0·053
	0·045		0·052		0·052		0·05		0·052	

Man sieht, dass die Berthelot-André'sche Methode im Vergleich zu den anderen Verfahren, deren Resultate sehr gut übereinstimmen, durchweg zu niedrige Werthe liefert.

[1] Böckmann, *Chem.-techn. Untersuchungen.* Bd. II. S. 1067.

[2] *Chemisches Centralblatt.* 1886. S. 431.

Die Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl in salpeterhaltigen Erden wurde beim schlammigen Sand geprüft; 100 grm dieses Sandes, welcher im Mittel 0·75 Procent Stickstoff enthielt, wurde mit 0·5, 1·0 und 2·0 grm Salpeter innig gemischt, und dann der Stickstoff bestimmt.

100 grm Schlammiger Sand mit	Berechneter N-Gehalt	Mit Hg+$CuSO_4$ bei Gegenw. von Zinkstaub	Mit Hg+$CuSO_4$ bei Abwesenheit von Zinkstaub	Mit CuO allein u. conc. H_2SO_4	Jodlbauer-Morgen
	Procent	Procent	Procent	Procent	
0·5 grm KNO_3	0·819	0·80	0·78	0·74	0·80
		0·80	0·78	0·76	0·80
1·0 „ „	0·888	0·84	0·80	0·79	0·86
		0·81	0·80	0·80	0·86
2·0 „ „	1·027	0·94	0·88	0·82	0·98
		0·96	0·84	0·85	0·98

Diese Tabelle zeigt, dass es bei einigermassen grösserem Salpetergehalte des Bodens am sichersten ist, die Jodlbauer-Morgen'sche Methode anzuwenden, da bei den anderen Verfahren bald geringere, bald grössere Verluste an Stickstoff entstehen können.

Unter den im hygienischen Institut untersuchten Bodenproben befanden sich auch solche, welche nur so minimale Mengen an Stickstoff enthielten, dass eine Titrirung des aus diesem gewonnenen Ammoniaks nicht mehr sicher, bezw. nicht möglich wurde. Dies traf besonders bei Sandsorten zu. Für die Beurtheilung der hygienischen Beschaffenheit des Bodens war es aber unter den für uus obwaltenden Verhältnissen nothwendig, auch in dem stickstoffarmen Material den Stickstoffgehalt kennen zu lernen.

Hierbei verfuhren wir so, dass wir nur Reagentien anwandten, welche stickstofffrei waren, z. B. statt des Schwefelsäuregemisches mit der stets stickstoffhaltigen rauchenden Schwefelsäure nur chemisch reine concentrirte Schwefelsäure. Auf ungefähr 20 grm Substanz nahmen wir 30 ccm der letzteren und 0·5 grm Kupferoxyd.

Von der Verwendung des Quecksilbers musste gleichfalls Abstand genommen werden, weil dasselbe einen nachherigen Zusatz von Kaliumsulfid erfordert. Dieser aber hat wieder zur Folge, dass das Destillat geringe Mengen von Schwefelwasserstoff enthält, welcher die nachherige colorimetrische Bestimmung mit Nessler's Reagens unmöglich macht.

Zum Alkalisiren der sauren Digestionsmasse diente eine mit Zinkstaub erhitzte Natronlauge, zum Ueberdestilliren des Ammoniaks mittelst Dampf

ein vorher gut ausgekochtes Wasser. Hielten wir diese Bedingungen genau inne, so ergaben Controlversuche ein Destillat, welches keine Reaction mit dem Nessler'schen Reagens lieferte. Es sind dies auch Vorsichtsmassregeln, welche man event. bei der Untersuchung von Trinkwässern auf Stickstoffgehalt ganz gut verwenden könnte.

Man destillirt in einen mit etwas verdünnter Schwefelsäure beschickten Messkolben mit 200 ^{ccm}-Marke hinein, bis die Marke vom Destillat erreicht ist, nesslerisirt dann 10 ^{ccm} des Destillates zur Vorprüfung, um zu erfahren, wie weit man das letztere zu verdünnen hat, um mit dem Nessler'schen Reagens deutlich zu schätzende Farbenunterschiede zu erhalten,[1] und verfährt dann weiter, wie bei der Bestimmung des Ammoniaks im Trinkwasser vorgeschrieben ist.

Nach diesem Verfahren lieferte z. B. die Probe eines feinen gelben Sandes aus 2 bis 3 ^{m} Tiefe, welcher beim Ausschütteln nur Spuren von Ammoniak an Wasser abgab, bei vier Bestimmungen übereinstimmend 0·007 Procent N; ein anderer Sand aus gleicher Tiefe, ebenfalls Spuren von Ammoniak enthaltend, lieferte bei drei Bestimmungen übereinstimmend 0·0048 Procent N, und selbst noch 0·0015 Procent N konnten nach dieser Methode bei einer dritten Probe schätzungsweise bestimmt werden.

Fassen wir die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zusammen, so hat sich herausgestellt, dass einmal die Congolösung zum Zurücktitriren der Schwefelsäure bezw. des Ammoniaks mittelst Natronlauge bei der Kjeldahl'schen Stickstoffbestimmung sich eben so gut eignet, wie Rosolsäure, Methylorange und Cochenille, dass ferner durch sachgemässes Erhitzen einer Lösung von Ammoniumsulfat in concentrirter Schwefelsäure weder eine Zersetzung, noch Verflüchtigung dieses Salzes eintritt, dass dies jedoch geschieht, sobald nicht allein die zu erhitzende Flüssigkeit, sondern auch die Wände des Gefässes an einer Stelle, wohin Partikelchen der siedenden Flüssigkeit gespritzt sind, von der Flamme getroffen werden. Diese Gefahr ist aber auch bei der Digestion von organischen Substanzen, wie sie die Nahrungsmittel vorstellen, mit dem Säuregemisch vorhanden, und ist daher auf das Erhitzen bei der Stickstoffbestimmung in denselben zu achten. Es hat sich ausserdem als höchst wahrscheinlich herausgestellt, dass Verluste an Stickstoff durch chemische Umsetzungen dann stattfinden können, wenn man die mit dem Schwefelsäuregemisch zusammengebrachte Substanz gleich von Anfang an einer starken Erwärmung, indem schnell bis zum Sieden erhitzt wird, aussetzt. Am sichersten ist es, die Substanz erst durch all-

---

[1] Tiemann-Kubel, *Untersuchung des Trinkwassers.* S. 109.

mähliches Erwärmen in der Säure möglichst zu lösen, dann langsam die Temperatur zu steigern, bis ein gelindes Sieden erfolgt. Die organischen Stoffe müssen vollständig durch die Digestion mit dem Säuregemisch zerstört sein, ehe man zur Destillation schreitet. Die Oxydation mit Kaliumpermanganat führt Verluste herbei, die um so grösser sind, je heftiger dieselbe verläuft und je unvollendeter die Zerstörung der organischen Substanzen durch die Digestion war. Zur schnellen und sicheren Durchführung der Oxydation bei Substanzen, die reich an organischen Stoffen sind, z. B. bei Nahrungsmitteln, Abwässern, und zur quantitativen Ueberführung ihres Stickstoffs in Ammoniak eignet sich für je 20 ^{ccm} des angeführten Säuregemisches sehr gut die Verwendung von 0·5 ^{grm} wasserfreiem Kupfersulfat oder Oxyd in Gemeinschaft mit 1 ^{grm} Quecksilber. Für Substanzen, die nur geringe Mengen von organischen Stoffen enthalten, wie Bodenproben, oder deren organische Stoffe leicht zerstörbar sind, kann man auch das Kupferoxyd allein anwenden, um dann die Fällung mit Schwefelkalium zu umgehen. Dies letztere ist sogar nothwendig bei Bodenarten mit minimalem Stickstoffgehalt, der unter den oben angeführten Bedingungen sich colorimetrisch ermitteln lässt.

Im Allgemeinen eignen sich für die Praxis alle Modificationen der Kjeldahl'schen Methode als Ersatz für das Will-Varrentrapp'sche Verfahren in gleicher Weise besonders dann, wenn eine grosse Menge von Stickstoffbestimmungen auszuführen ist. Hinsichtlich des Verfahrens von Ulsch müssen noch weitere Ermittelungen über die Gründe der leicht stattfindenden Verluste an Stickstoff angestellt werden. Der Zusatz von Benzoësäure oder Zucker zum Säuregemisch ist für die Nahrungsmittel-, Abwässer- und Bodenanalyse ohne Bedeutung und verzögert nur die Vollendung der Zerstörung der organischen Stoffe.

Um Bodenproben mit grösserem Nitrat- (schon mitunter ca. 0·5 Procent KNO_3-) Gehalte zu analysiren, wird man der Jodlbauer'schen Methode in der von Morgen ausgearbeiteten Modification vor den anderen Verfahren den Vorzug geben. In Abwässern lassen sich die Nitrate mit Zinkstaub und Schwefelsäure bei Gegenwart von etwas Platinchlorid zu Ammoniak reduciren, sobald deren Menge eine bestimmte Grenze nicht überschreitet; andernfalls ist es nothwendig, um den Gehalt an Gesammtstickstoff, bezw. organischen Stickstoff richtig zu erfahren, die Nitrate in geeigneter Weise zu zerstören, bezw. für sich zu bestimmen.

Die Kjeldahl'sche Methode und ihre Modificationen geben in der Regel höhere Resultate, als das Will-Varrentrapp'sche Verfahren.

Durch das Wanklyn'sche Verfahren wurde selbst bei einem ausgefaulten Abwasser der Stickstoff der organischen Stoffe nicht quantitativ

in Ammoniak übergeführt. Endlich gewährt uns die Kenntniss des sog. Albuminoid-Stickstoffes noch keine Anhaltspunkte für die Menge der stickstoffhaltigen, bezw. fäulnissfähigen organischen Substanzen überhaupt, welche in den untersuchten Abwässern vorhanden sind; von einem Ersatz der Stickstoffbestimmung durch das Wanklyn'sche Verfahren, welcher schon häufig in Vorschlag gebracht worden ist, kann deshalb nicht die Rede sein.

[Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.]

Ueber den Tetanusbacillus.[1]

Von

Dr. med. **S. Kitasato**
aus Tokio.

(Hierzu Taf. II.)

Seitdem Carle und Rattone[2] bewiesen haben, dass der menschliche Tetanus eine übertragbare Infectionskrankheit sei, indem es ihnen gelang, durch Verimpfung des Eiters von der Infectionsstelle eines an Tetanus erkrankten Menschen bei Kaninchen über mehrere Generationen fortpflanzbare Tetanuserscheinungen hervorzurufen, haben viele Beobachter über dieses Thema gearbeitet. So hat Nicolaier[3] die Thatsache gefunden, dass in weitester Verbreitung in den oberflächlichen Erdschichten Bacillen existiren, welche, bei Mäusen, Meerschweinchen und Kaninchen subcutan verimpft, typischen Tetanus mit tödtlichem Ausgang hervorrufen. Bald hierauf zeigte Rosenbach,[4] dass die Nicolaier'schen Tetanusbacillen auch bei menschlichem Tetanus vorhanden sind, und der Nachweis dieser Bacillen ist später des öfteren für sehr verschiedenartige Fälle von Tetanus von vielen Forschern (Hochsinger, Bonome, Beumer, Ohlmüller und Goldschmidt, Morisani, Amon, v. Eiselsberg,

---

[1] Ueber den gleichen Gegenstand habe ich am 27. April 1889 auf dem XVIII. Congresse der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie zu Berlin eine kurze Mittheilung gemacht und entsprechende Demonstrationen angeschlossen.

[2] Carle und Rattone, Studio sperimentale sull' etiologia del tetano. *Giorn. dell R. accad. d. Med. di Torino.* 1884.

[3] Nicolaier, Beiträge zur Aetiologie des Wundstarrkrampfes. *Inaug.-Dissert.* Göttingen 1885.

[4] Rosenbach, Zur Aetiologie des Wundstarrkrampfes beim Menschen. *Archiv für klinische Chirurgie.* 1886. Bd. XXXIV. S. 306.

Bonnardi, Beumer und Peiper, Brown, Ferrari, Giordano, Shakespeare, Rietsch, Bossano, Belfanti und Pescarolo, Raum u. A. m.) bestätigt worden.

In neuester Zeit aber wurden mehrfach Beobachtungen mitgetheilt, bei denen die Nicolaier'schen Bacillen mit Köpfchensporen im Eiter von tetanischen Kranken und Versuchsthieren vermisst wurden, wie z. B. von Widenmann[1] eine Behauptung, die auch von Flügge[2] bestätigt wurde, so dass diese Bacillen noch nicht mit aller Sicherheit für die Tetanuserreger gelten konnten.

Eine gewisse Reserve in dieser Hinsicht musste um so mehr geboten erscheinen, als es bisher noch Niemandem gelungen war, die Nicolaier'schen Tetanusbacillen ausserhalb des thierischen Körpers in sicheren Reinculturen zu isoliren, sie als solche auf künstlichen Nährböden weiter fortzuzüchten und damit, d. h. mit Reinculturen experimentell wieder Tetanus zu erzeugen.

Um über diese wenig bestimmten und theilweise sich widersprechenden Angaben eine Aufklärung zu schaffen, habe ich unter Leitung meines hochverehrten Lehrers, des Hrn. Geheimrath Prof. Dr. R. Koch, im hiesigen hygienischen Institute Versuche angestellt. Die Resultate derselben sind die folgenden:

Ein Soldat war im hiesigen Garnisonlazareth an Tetanus gestorben. Bei der mikroskopischen Untersuchung des Wundeiters fand man ausser verschiedenen Mikroorganismen auch die Nicolaier'schen Bacillen, und Thierversuche mit diesem Eiter ergaben positive Resultate.

Hr. Stabsarzt Dr. E. Pfuhl hat die Güte gehabt, mir etwas von diesem Materiale zu überlassen. Ich habe damit einige Mäuse subcutan geimpft, welche schon nach 24 Stunden an typischem Tetanus erkrankten und nach 2 bis 3 Tagen starben. Bei der Section fand man nur auf die Impfstelle beschränkte Eiterherde, in denen ausser verschiedenen anderen Mikroorganismen Bacillen mit Köpfchensporen mikroskopisch nachweisbar waren. Diesen Eiter habe ich nun auf künstliche Nährböden zu übertragen versucht. Wie Nicolaier seiner Zeit angegeben hat, vermehren sich diese Bacillen, aber immer mit anderen Bacterien gemischt, auf erstarrtem Blutserum ziemlich gut, sie können ferner auch in Agar und Gelatine gedeihen, jedoch immer nur in Gesellschaft mit anderen Mikroorganismen.

Um nun diese Bacillen von den übrigen Arten zu trennen, wurden die üblichen Isolirungsmethoden angewendet und ausser den genannten

---

[1] Widenmann, Beitrag zur Aetiologie des Wundstarrkrampfes. *Diese Zeitschr.* Bd. V. S. 522.

[2] Flügge, Anm. zu vorstehendem Beitrag. *Ebenda.* Bd. V. S. 525.

Nicolaier'schen Bacillen drei Arten anaërober Bacterien, fünf facultativ-anaërobe Arten und sieben Aërobe aus dem betreffenden Eiter isolirt, deren Beschreibung im einzelnen hier zu weit führen würde. Mit allen diesen Mikroorganismen (ausser den mit Köpfchensporen versehenen Bacillen, über deren pathogene Eigenschaften später berichtet werden wird), habe ich Uebertragungsversuche auf Thiere und zwar sowohl mit den Reinculturen der einzelnen, wie mit Mischculturen angestellt, ohne aber jemals Tetanuserscheinungen hervorrufen zu können.

Dagegen gelangte ich auf folgende Weise zu positiven Resultaten. Wenn ich Tetanuseiter auf schräg erstarrtem Blutserum oder Agar ausbreitete und bei 36 bis 38° C. im Brütapparate hielt, so fingen die sämmtlichen Mikroorganismen, welche im Eiter enthalten waren, innerhalb 24 Stunden an zu wachsen; wenn ich in diesem Stadium die Cultur mikroskopisch untersuchte, so fand ich zwischen den verschiedenen Mikroorganismen hier und da jene Bacillen mit Köpfchensporen. Nach 48 Stunden waren die mit Köpfchensporen versehenen Bacillen reichlicher an Zahl. Alsdann wurde diese Cultur in ein Wasserbad, welches vorher auf 80° erwärmt war, gebracht und $^3/_4$ bis 1 Stunde lang in demselben gelassen; mit der so behandelten Cultur, welche nur noch Sporen in lebensfähigem Zustande enthalten konnte, wurden einige Mäuse geimpft, welche sämmtlich an Tetanus starben. Nachdem ich mich auf diese Weise davon überzeugt hatte, dass die Culturflüssigkeit Sporen der Tetanusbacillen enthielt, mischte ich eine Platinöse voll mit Nährgelatine und goss diese Mischung theils nach dem gewöhnlichen Verfahren auf Platten, theils in platte Glasgefässe[1] aus, durch welche Wasserstoff geleitet wurde. Die sämmtlichen Culturen wurden dann bei einer Temperatur von 18 bis 20° C. gehalten. Erst etwa nach einer Woche fingen in dem Gefässe mit Wasserstoffzuleitung die Colonieen an sich zu bilden, während die auf

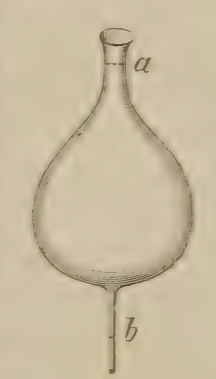


Fig. 1.

[1] Ein solches Gefäss (s. Fig. 1), welches von R. Müncke construirt und von mir modificirt ist, ist für das Plattenverfahren bei der Züchtung von Anaëroben recht vortheilhaft. Die Gebrauchsweise desselben ist fast dieselbe wie die des bekannten Liborius'schen Durchleitungsröhrchens. Das Gefäss ist stark abgeplattet, so dass es nur eine Dicke von 2 cm hat. Die beiden Oeffnungen werden zunächst mit Wattepfropfen verschlossen und der ganze Apparat wird dann im Trockenschrank sterilisirt. Das enge Ansatzröhrchen wird darauf in der Mitte bei *b* dünn ausgezogen; dann giesst man vermittelst eines lang ausgezogenen Trichters die mit dem Impfmaterial möglichst gleichmässig gemischte, verflüssigte Nährgelatine resp. Agar 15 bis 20 ccm in die weite Oeffnung, worauf der Hals der letzteren bei *a* weiter ausgezogen wird. Die Nachbehandlung des Apparates, namentlich das Abschmelzen der Ansatzröhren ist ebenso wie die des Liborius'schen Röhrchens.

gewöhnliche Weise bereiteten Platten ganz steril blieben. Nach zehn Tagen wurde das Schälchen geöffnet, von einer derartigen Colonie Deckglaspräparate gemacht und mikroskopisch untersucht. Es waren Stäbchen, welche kleiner als die Bacillen des malignen Oedems waren und oft einzeln lagen, oft auch zu langen Fäden ausgewachsen waren. Da die betreffenden Bacillen zweifellose Anaërobe waren, habe ich von dieser isolirten Colonie weitere Culturen theils in Agar in hoher Schicht, theils im Liborius'schen Röhrchen mit Bouillon gezüchtet und Wasserstoff zugeleitet. Im Brütapparate waren bereits nach 30 bis 48 Stunden alle diese Culturen gut gewachsen; die Bouilloncultur hatte sich deutlich getrübt. Bei der mikroskopischen Untersuchung fand man nunmehr die Bacillen an einem Ende mit einem glänzenden Körper, einer Spore, versehen. Mit diesen Agar- bezw. Bouillonculturen, welche unzweifelhafte Reinculturen waren, wurden einige Mäuse geimpft, welche schon nach 20 Stunden an typischem Tetanus erkrankten und nach 2 bis 3 Tagen zu Grunde gingen.

Dieses Culturverfahren habe ich dann des öfteren wiederholt und dabei gefunden, dass die Tetanusbacillen mit Sicherheit isolirt werden können, wenn einige Tage lang im Brütofen gehaltene Mischculturen vom Tetanuseiter $^3/_4$ bis 1 Stunde lang im Wasserbad auf 80° C. erhitzt und dann weiter vermittelst des Plattenverfahrens in geschlossenen Gefässen und in einer Wasserstoffatmosphäre behandelt werden. Bemerken möchte ich hier, dass die übrigen anaëroben Bacillen, welche im Tetanuseiter vorhanden sind, zwar auch Sporen bilden; diese Dauerformen sind aber glücklicher Weise weniger widerstandsfähig gegen Hitze und gehen schon nach 30 Minuten langer Erhitzung auf 80° zu Grunde.

Ich habe ferner wiederholt Mäuse mit Erde von verschiedenen Herkunftsorten geimpft, dann, wenn dieselben an Tetanus gestorben waren, das nämliche Culturverfahren angewandt und stets ein und dieselbe mit Köpfchensporen versehene Bacillenart isoliren können, welche Versuchsthiere mit Sicherheit durch Tetanus zu tödten vermochte.

Culturbeschreibung.

In Bezug auf die Eigenschaften der Tetanusbacillen, wie sie an Reinculturen zu beobachten sind, ist Folgendes zu bemerken: Die Tetanusbacillen sind obligat anaërobe Bacterien, sie wachsen nur bei Luftabschluss. Unter Wasserstoff gedeihen sie sehr gut, dagegen nicht unter Kohlensäure. Die Bacillen wachsen in gewöhnlichem peptonhaltigen schwach alkalischen Agar und Gelatine und verflüssigen die Gelatine allmählich unter geringfügiger Gasbildung, dagegen wird Agar und ebenso Blutserum nicht verflüssigt. Wenn man zu Agar bezw. Gelatine 1·5 bis

2 Procent Traubenzucker zusetzt, so wird das Wachsthum viel schneller und kräftiger; ebenso ist die Entwickelung der Bacillen eine besonders üppige, wenn man zu Agar bezw. Gelatine 0·1 Procent indigschwefelsaures Natrium oder 5 ccm blaue Lackmustinctur auf 100 ccm zusetzt. Auch in schwach alkalischer Peptonbouillon ist das Wachsthum unter Wasserstoff ein sehr gutes. Die Culturen nehmen hierbei einen charakteristischen brenzlichen Geruch an. Die Tetanusbacillen lassen sich in fortlaufenden Culturen fortzüchten, ohne dabei, wie manche andere Arten pathogener Bacterien, ihre Virulenz zu verlieren.

Aussehen der Colonieen. Die einzelnen Colonieen in geschlossenen Gefässen in Gelatine unter Wasserstoff gewachsen, haben auf den ersten Blick eine gewisse Aehnlichkeit mit den bekannten Colonieen des Heubacillus. Wie bei diesem ist ein massiges, dichtes Centrum von einem feinen nach allen Seiten gleichmässig entwickelten Strahlenkranz umgeben (s. Fig. 1). Nur ist die Verflüssigung der Gelatine bei den Tetanusbacillen eine sehr viel langsamere, so dass im weiteren Verlauf der Entwickelung die eben erwähnte Aehnlichkeit verloren geht. Bei älteren Colonieen sieht man das ganze Bild aus lauter einzelnen Strahlen bestehen, ähnlich einigen Schimmelpilzcolonieen.

In der Stichcultur in hoher Schicht von Nährgelatine fangen die Tetanusbacillen 1 bis 2 Finger breit unter der Oberfläche der Gelatine durch den Stichcanal nach unten an zu wachsen und bilden allmählich eine nach allen Seiten hin wolkig ausstrahlende Cultur (s. Fig. 2). Sie verflüssigen langsam die Gelatine unter Gasbildung und kommen bei den älteren Stichculturen fast bis zur Oberfläche der Gelatine empor.

Temperaturverhältnisse. Die Tetanusbacillen gedeihen am besten bei Temperaturen von 36 bis 38° C., Gelatineculturen bei 20 bis 25° gehalten, fangen erst nach 3 bis 4 Tagen an zu wachsen. In geschlossenen Gefässen in Gelatine unter Wasserstoff bei 18 bis 20° kommt das Wachsthum erst nach einer Woche zu deutlicher Entwickelung. Unter 14° C. wachsen sie überhaupt nicht mehr. Die Bacillen bilden in den Culturen bei Brüttemperatur schon nach 30 Stunden Sporen, in Gelatinecultur bei 20 bis 25° erst nach einer Woche, wenn die untere Schicht bereits ziemlich verflüssigt ist.

Mikroskopische Untersuchungen der Tetanusbacillen.

Wie bereits erwähnt wurde, bleiben die Bacillen in der Gelatinecultur bei Zimmertemperatur entweder einzeln als gerade Stäbchen mit abgerundeten Enden, oder sie bilden lange Fäden (s. Fig. 3). Im Brütapparate bilden sie schnell Sporen; die Sporen sind rund und dicker als

der Bacillenfaden und sitzen an einem Ende des Bacillus, so dass derselbe im sporenhaltigen Zustande ein stecknadelförmiges Aussehen hat (s. Fig. 4).

Beweglichkeit der Bacillen. Die Tetanusbacillen besitzen eine zwar deutliche, aber wenig lebhafte Eigenbewegung. Die Beweglichkeit wird dann etwas stärker, wenn man sie auf dem heizbaren Objecttisch beobachtet. Sporenhaltige Bacillen bleiben auch hier unbeweglich.

Färbungsverfahren. Die Tetanusbacillen färben sich mit den gebräuchlichen Anilinfarben gleich gut. Sie nehmen auch die Gram'sche Färbung an. An den sporenhaltigen Bacillen kann man auch die Ziehl'sche Doppelfärbung zur Anwendung bringen.

Lebensdauer der Sporen.

Sporenhaltige Culturen, welche man an Seidenfäden angetrocknet und dann einige Tage lang im Exsiccator über Schwefelsäure, später an gewöhnlicher Luft aufbewahrt hat, sind nach mehreren Monaten noch virulent, und ebenso lange Zeit waren Sporen wirksam, welche ich mit Erde gemischt hatte, die in einem Blumentopf befindlich und mit Watte lose zugedeckt, vorher im Dampfapparate über zehn Stunden sterilisirt worden war.

Widerstandsfähigkeit der Tetanussporen gegen Hitze und Chemikalien.

Die Tetanussporen sind gegen Hitze recht widerstandsfähig; einstündige Erhitzung auf 80° im feuchten Zustande ertragen sie ohne Weiteres, dagegen werden sie durch einen 5 Minuten langen Aufenthalt bei 100° im Dampfapparate getödtet.

Auch gegen Chemikalien sind sie ziemlich resistent. Zehn Stunden lang in 5 Proc. Carbolsäure eingetauchte sporenhaltige Seidenfäden zeigen sich noch virulent, nach 15 Stunden sind sie aber getödtet; in 5 Procent Carbolsäure mit 0·5 Procent Salzsäure sind sie schon nach zwei Stunden unwirksam. Ebenso sterben sie ab, wenn sie über drei Stunden in 1‰ Sublimatlösung oder 30 Minuten lang in 1‰ Sublimatlösung mit 0·5 Proc. Salzsäure gelegt werden.

Eine drei Tage lang bei 36° cultivirte Bouilloncultur von 100 ccm Inhalt, in der sich bereits die Sporen gebildet hatten, wurde mit 10 ccm Chloroform gemischt, luftdicht verschlossen, wiederholt gut geschüttelt und zwei Tage lang so gehalten. Nach zwei Tagen wurde das Chloroform durch Verdunstung entfernt; es wurden drei Mäusen je 1 ccm, zwei

Meerschweinchen je 5 ccm und zwei Kaninchen je 10 ccm dieser Cultur subcutan eingespritzt. Die Mäuse und Meerschweinchen waren nach 15 Stunden an typischem Tetanus gestorben, ebenso erkrankten die Kaninchen nach 10 Stunden an Tetanus und gingen nach 20 Stunden zu Grunde. Eine frisch angelegte Cultur entwickelte sich gut. Das Chloroform kann also die Tetanussporen in der angegebenen Zeit nicht vernichten.

Thierversuche mit der Reincultur.

Wird ein Platindraht in eine Reincultur der beschriebenen Bacillen eingetaucht und dann Mäuse subcutan geimpft, so erkranken die Thiere regelmässig nach 24 Stunden an typischem Tetanus und gehen nach 2 bis 3 Tagen zu Grunde. Auch Ratten, Meerschweinchen und Kaninchen lassen sich inficiren, wenn man je nach der Grösse der Versuchsthiere etwas grössere Mengen der Cultur, z. B. bei Kaninchen 0·3 bis 0·5 ccm einer Bouilloncultur verwendet. Die Ratten und Meerschweinchen erkranken schon nach 24 bis 30 Stunden, während bei Kaninchen die Incubationszeit etwas länger (2 bis 3 Tage) dauert.

Tauben scheinen gegen den Tetanus wenig empfänglich zu sein.

Es bedarf also nicht der Beihülfe von Fremdkörpern, wie Watte, Holzsplitter u. s. w., wie es früher bei der Verimpfung von Mischculturen nothwendig erschien, um einen sicheren Impferfolg zu erzielen.

Zu bemerken sei hier, dass die tetanischen Erscheinungen immer an dem der Impfstelle benachbarten Theile anfangen, also zuerst local sind und dann erst allmählich weiter fortschreiten. Wenn die Versuchsthiere am hinteren Theile des Körpers geimpft werden, dann zeigen sich die ersten Contracturen an den hinteren Extremitäten, wenn am Nacken geimpft wird, so werden die Nackenmuskeln zuerst ergriffen u. s. w.

Bei der Obduction der Versuchsthiere findet sich an der Impfstelle nur Hyperämie, aber keine Eiterung. An den inneren Organen sind keine Veränderungen bemerkbar. Mikroskopisch konnte ich bisher trotz genauester Untersuchungen an der Impfstelle weder Bacillen noch Sporen finden; ebenso wenig ist es mir gelungen, im Rückenmark, Nerven, Muskeln, Herzblut, Milz, Leber, Lungen, Nieren u. s. w. Bacillen nachzuweisen. Mit den Organen (Rückenmark, Nerven, Herzblut, Milz u. s. w.) konnte ich weder die Thiere tetanisch machen, noch auch die Bacillen auf Nährböden künstlich cultiviren.

Ferner wurde zwei Kaninchen nach erfolgter Trepanation in dura mater und zwei anderen in die Ohrvene vermittelst Spritze je 0·5 einer Bouilloncultur eingeimpft. Sie erkrankten schon nach 30 Stunden schwer an Tetanus und waren nach 48 bis 60 Stunden gestorben. Bei der mikroskopischen Untersuchung, sowohl in frischen, wie auch in Schnittpräparaten konnte ich weder im Gehirn, noch im Rückenmark, oder im Blute und in anderen inneren Organen die Tetanusbacillen finden; ausserdem fielen Culturversuche mit diesen Organen negativ aus.

Die Angaben von Hochsinger[1] und Lampiasi,[2] die aus dem Blute tetanischer Kranker und Versuchsthiere Reinculturen erhalten haben wollen, scheinen mir aus den eben erwähnten Gründen fraglich zu sein.

Um zu sehen, ob und wie schnell die Tetanusbacillen im Thierkörper etwa einen besonderen Giftstoff erzeugen, habe ich Mäuse mit Tetanuscultur an der Schwanzwurzel geimpft, nach einer halben, einer, zwei, drei, vier u. s. w. Stunden die Impfstelle herausgeschnitten und die Schnittfläche mit dem Glüheisen ausgebrannt. Hierauf erkrankten schon die Mäuse, welche eine Stunde nach der Impfung so behandelt worden waren, nach 20 Stunden an typischem Tetanus, während diejenigen, bei welchen die beschriebene Operation vor Ablauf einer Stunde nach der Impfung ausgeführt worden war, am Leben blieben. Bei der mikroskopischen Untersuchung waren die Tetanusbacillen bis 8 bis 10 Stunden nach der Impfung an der Impfstelle noch nachweisbar, nach 10 Stunden waren dieselben aber dort spurlos verschwunden. In den inneren Organen war von vornherein kein einziger Bacillus nachweisbar.

Anscheinend verschwinden also die Tetanusbacillen im Thierkörper sehr schnell, nachdem sie in Reincultur verimpft worden sind; trotzdem veranlassen sie aber ganz typischen Tetanus bei den Versuchsthieren. Vermuthlich produciren die Bacillen vor ihrem Verschwinden irgend ein chemisch wirksames Gift, ein Punkt, über den von Hrn. Dr. Th. Weyl und mir gemeinschaftlich Untersuchungen angestellt worden sind, die als Nachtrag veröffentlicht werden sollen. Doch möchte ich es auch nicht für ausgeschlossen halten, dass die Bacillen, obwohl ich sie zur Zeit nicht nachzuweisen vermag, doch vorhanden sind und demnächst noch mit Hülfe verbesserter Methoden zu finden sein werden. Auch hierüber behalte ich mir weitere Untersuchungen vor.

Aus den im Vorstehenden mitgetheilten Resultaten lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

---

[1] C. Hochsinger, Zur Aetiologie des menschlichen Wundstarrkrampfes. *Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde.* 1887. Bd. II. Nr. 6—7.

[2] J. Lampiasi, Ricerche sull' etiologia del tetano. *Giornale Intern. delle scienze Mediche.* Anno X.

1. Der Tetanus ist eine durch einen specifischen Bacillus verursachte Infectionskrankheit.

2. Der Erreger des menschlichen Tetanus und des Impftetanus ist eine und dieselbe Bacillenart, die identisch ist mit dem zuerst von Nicolaier beschriebenen, später von Rosenbach und Anderen bestätigten anaëroben Bacillus.

3. Dieser Bacillus kommt im Wundeiter tetanischer Menschen und Versuchsthiere vor; er bildet oft schon im Eiter Sporen, erscheint jedoch häufig auch, wenn der Eiter frühzeitig untersucht wird, als sporenfreies Stäbchen.

4. Man kann die Bacillen aus dem Eiter der tetanischen Kranken oder Thiere künstlich rein züchten und von diesen Reinculturen aus die Thiere wieder tetanisch machen.

5. Die unter einander abweichenden früheren Angaben über die Aetiologie des Tetanus und namentlich über das Aussehen der dabei beobachteten Bacterien finden in ungezwungener Weise ihre Erklärung in dem Umstande, dass der Tetanus in verschiedenen Stadien zur Untersuchung gekommen war; je schneller die Kranken oder Thiere zu Grunde gehen, um so seltener bilden die Bacillen im Eiter ihre Sporen. Die Bacillen an und für sich fehlen aber niemals; man kann aus dem sporenfreien tetanischen Eiter jedes Mal sporenbildende Tetanusbacillen künstlich cultiviren.

Bei der vorliegenden Untersuchung bin ich von meinem hochverehrten Lehrer, dem Hrn. Geheimrath Prof. Dr. R. Koch, durch Rath und Anregung wesentlich unterstützt worden, wofür ich ihm zu grossem Dank verpflichtet bin; ebenso habe ich Hrn. Stabsarzt Dr. E. Pfuhl für die freundliche Ueberlassung des Materials und Hrn. Dr. C. Fränkel für die liebenswürdige Herstellung der photographischen Bilder zu danken.

Erklärung der Abbildungen.

(Tafel II.)

Fig. 1. Colonie der Tetanusbacillen auf der Gelatineplatte in reiner Wasserstoffatmosphäre. (Vergl. S. 225.) Vergrösserung 100 mal. Zeiss Apochromat 16^{mm}, 0·30; Projectionsocular 2. Lampenlicht, offener Condensor.

Fig. 2. Stichcultur der Tetanusbacillen in Nährgelatine. Natürliche Grösse; aufgenommen bei diffusem Tageslicht.

Fig. 3. Tetanusbacillen aus einer Gelatinecultur; sporenfreie Stäbchen. Ausstrichpräparat, gefärbt mit Fuchsin. Vergrösserung 1000 mal. Zeiss Apochromat 2^{mm}, 1·40; Projectionsocular 2. Sonnenlicht, offener Condensor.

Fig. 4. Tetanusbacillen aus einer Agarcultur; sporentragende Stäbchen. Ausstrichpräparat gefärbt mit Fuchsin. Vergrösserung 1000 mal wie Fig. 3.

[Aus dem hygienischen Institut zu Berlin.]

Die Gefährlichkeit der Carbon-Oefen.

Von

B. Proskauer.

Im VI. Bande *dieser Zeitschrift*, S. 289, sind von R. J. Petri Versuche mitgetheilt worden, denen zufolge ein aus dem Handel bezogener Natron-Carbon-Ofen Nr. 0 von Alwin Nieske aus Dresden beim Heizen Kohlenoxyd abgiebt und deswegen als gesundheitsgefährlich anzusehen ist.

Der Fabrikant A. Nieske hatte inzwischen die Richtigkeit der Petri'schen Untersuchung angezweifelt, hauptsächlich aus dem Grunde, weil die Beheizung des Ofens nicht in der von ihm in seiner Gebrauchsanweisung angegebenen Vorschrift gehandhabt sei. Ich habe daher, um die Berechtigung dieses Einwandes zu prüfen, die Versuche mit einem von A. Nieske selbst gelieferten Carbon-Ofen Nr. 0 wiederholt, und zwar wurde der Ofen bei diesen Versuchen von Hrn. A. Nieske selbst vorschriftsmässig geheizt.

Dieser Ofen unterschied sich hinsichtlich seiner Construction durchaus nicht von dem Ofen, welchen Petri für seine Versuche angewandt hatte. Auch das von Herrn Nieske für meine Versuche gelieferte Heizmaterial war identisch mit dem von Petri benutzten „Carbon".

Herr Nieske heizte den Ofen beim ersten Versuche so, dass die Temperatur des Ofens ca. 45—50° betrug; das zweite Mal wurde stärker geheizt, so dass der Ofen nicht mehr mit der Hand berührt werden konnte.

Es galt zunächst zu ermitteln, ob das dem Ofen beigegebene Rauchabzugsrohr, welches bei unserem Versuche durch eine Oeffnung in der Thür nach Aussen geleitet war, in der That die Verbrennungsproducte abführe. Die darauf bezüglichen Prüfungen ergaben das nämliche Resultat, welches Petri gefunden hatte (a. a. O. 294. 295 u. 311 ad 3). Es wurde nämlich in der Regel an den Bewegungen leichter Federstückchen und einer Flamme ein schwaches Ansaugen beobachtet. Nur hin und wieder kamen

plötzlich auftretende Luftstösse von kurzer Dauer, welche aus dem Rohre austraten, vor. Diese mögen wohl durch vorübergehende Luftströmungen im Versuchszimmer entstanden sein, da sie regelmässig eintraten, wenn eine Thür schnell geöffnet und wieder geschlossen wurde oder wenn Herr Nieske das Fenster öffnete. Auch beim Anheizen machte sich ein aus dem Stutzen austretender schwacher Luftstrom bemerkbar.

Zum Nachweise von Kohlenoxyd wurde mittelst eines Blasebalges eine ca. 7 Liter fassende Flasche mit Luft aus der Nähe des Ofens gefüllt und diese Luft mit verdünnter Blutlösung geschüttelt. Das Blut wurde mit frisch bereiteter Stokes'scher Lösung versetzt und spectroskopisch untersucht. Bei beiden Versuchen blieben die zwei Absorptionsstreifen getrennt, während bei den Controlproben mit Blut, das nicht mit der betreffenden Luft geschüttelt war, sofort nach dem Zusatz des Stokes'schen Reagens das breite Absorptionsband des reducirten Oxyhaemoglobins erschien. Die Leichtigkeit, mit der die Kohlenoxydreaction beobachtet wurde, und die Haltbarkeit des Spectrums lassen darauf schliessen, dass man es bei beiden Versuchen nicht mit Spuren von Kohlenoxyd in der untersuchten Luft zu thun hatte, sondern mit grösseren Mengen.[1]

Auch frisch bereitetes Palladiumchlorürpapier, welches mit der zunächst mit alkalischer Bleilösung und dann mit Schwefelsäure gewaschenen Luft in Berührung kam, wurde gebräunt.

Somit sind durch diese Versuche die von Petri erhaltenen Resultate vollkommen bestätigt, denn auch der direct von Nieske gelieferte und von ihm selbst geheizte Ofen Nr. 0 hatte an die Zimmerluft Kohlenoxyd abgegeben, ein Befund, den Herr Nieske bestätigen musste.

Es sei noch bemerkt, dass bei der Prüfung eines vom Kgl. Polizeipräsidium dem hygienischen Institut eingesandten, als „transportabler Regenerativ-Heizofen" in den Handel gebrachten Ofens, welcher die nämliche Construction wie der Nieske'sche Ofen Nr. 0 hatte, dieselben Ergebnisse erzielt wurden.

---

[1] Vogel, *Ber. Deutsch. Chem. Ges.* Bd. X, S. 792 und Bd. XI, S. 235.

Zur Aetiologie der acuten croupösen Pneumonie.

Von

Dr. **M. Jakowski**
in Warschau.

Gelegentlich des vorjährigen (V.) Congresses Polnischer Aerzte und Naturforscher in Lemberg habe ich mich dahin ausgesprochen, dass es zur Zeit kaum möglich sei, mit absoluter Sicherheit zu sagen, welcher von den für croupöse Pneumonie verantwortlich gemachten Mikrobien der eigentliche Krankheitserreger wäre. Gleichzeitig habe ich die Möglichkeit betont, dass, je nach den Vegetationsbedingungen, bald die Friedländer'schen, bald die Fränkel-Weichselbaum'schen Bacterien genuine Pneumonie bedingen können, und dabei hervorgehoben, dass die letzterwähnten häufiger die Ursache für unser Leiden abzugeben scheinen, als die erstgenannten.[1] In der von mir im vorigen Jahre beobachteten Hausepidemie habe ich sowohl in den Lungen der Erkrankten, als auch in der Erde, welche daselbst beim Graben einer Grube zu Tage gefördert wurde, Friedländer'sche Pneumobacterien festgestellt.

Im Nachstehenden will ich über Ergebnisse bacteriologischer Untersuchungen berichten, welche an zwei, auf der Abtheilung des Hrn. Prof. Baranowski im hiesigen Kindlein Jesu-Spital gleichzeitig zur Beobachtung gekommenen Pneumonikern von mir ausgeführt wurden — Ergebnisse, die geeignet sind, meine obige Annahme zu bekräftigen. Die Untersuchungen habe ich in dem unter meiner Leitung an dem genannten Spital bestehenden bacteriologischen Laboratorium angestellt.

Die beiden angedeuteten Kranken, jeder über 40 Jahre alt, suchten Anfang April d. J. das Spital auf. Der Krankheitsverlauf war in beiden

---

[1] Chrostowski und Jakowski, Epidemische croupöse Pneumonie und die Resultate bacteriologischer Untersuchungen während der in Warschau beobachteten Endemie. *Gazeta Lekarska.* 1888. (Polnisch.)

Fällen ein recht schwerer: die Akme dauerte 8 bis 9 Tage und das Stadium resolutionis 2 bis 3 Wochen. In dem einen durch Pleuritis sicca complicirten Falle verliess der Kranke am 13. Tage der Apyrexie die Anstalt mit den Zeichen einer Verdichtung im rechten mittleren Lappen.

Am 8. April d. J. habe ich mittelst sterilisirter Pravatz'scher Spritze bei beiden Patienten (bei einem am 4., beim anderen am 6. Krankheitstage) aus dem afficirten Lungentheile je einen Tropfen serös-blutiger Flüssigkeit entnommen. Ein Theil derselben wurde unter Mikroskop geprüft, der übrige zum Anlegen von Culturen auf Agar — sowohl auf Platten, als auch in Probirgläsern — benutzt. Das Resultat war in beiden Fällen dasselbe: unter dem Mikroskop habe ich in der eben erwähnten Flüssigkeit weisse und rothe Blutkörperchen und daneben spärliche Alveolenepithelien vorgefunden. Beim Färben nach Gram sah ich lanzetförmige, zu 2 bis 4 reihenweise angeordnete, stets von einer breiten ungefärbten, scharf contourirten Kapsel umgebene Gebilde. Die mikroskopische Untersuchung legte demnach die Annahme nahe, dass wir es mit den Fränkel-Weichselbaum'schen Pneumobacterien zu thun haben, was durch das Züchtungsverfahren vollauf bestätigt wurde.

Bei 37 bis 38° C. sind schon nach Ablauf von 24 Stunden sowohl auf Agarplatten, als auch längs des Impfstriches in Probirgläsern spärliche, kleine, für das unbewaffnete Auge fast unsichtbare Tröpfchen zur Entwickelung gekommen, welche nach 2 bis 3 Tagen an Umfang ein wenig zugenommen haben und leichte Opalescenz zeigten. Ausser diesen Colonieen waren keine anderen zu sehen, auch wollte sich auf Gelatineplatten bei gewöhnlicher Temperatur überhaupt keine Vegetation zeigen. Unter das Mikroskop gebracht, boten die erwähnten Culturen ovaläre, unbewegliche, zu 2 bis 4 reihenweise gruppirte Bacterien, welche mit Leichtigkeit die gangbaren Färbemittel aufnahmen und sich bei Gram'scher Methode nicht entfärbten. Ausserdem erwiesen sich dieselben als ungemein empfindlich den höheren Wärmegraden gegenüber, denn im Brütofen bei 41° C. kamen sie niemals zur Entwickelung. Auch büssten unsere Mikrobien ihre Lebensfähigkeit ein, sobald sie längere Zeit auf frischen Nährboden nicht übertragen wurden, wiewohl es mir noch nach 6 Tagen gelang, dieselben mit Erfolg zu überimpfen. Aeltere Bacterien fand ich stets nicht mehr entwickelungsfähig. Fränkel's Culturen waren in der Regel nur 4 bis 5 Tage am Leben geblieben.

Zur Prüfung pathogener Eigenschaften habe ich nur weisse Mäuse anwenden können, da mir zu jener Zeit nur dieses Versuchsmaterial zur Verfügung stand. Wiewohl meine Impfresultate im Allgemeinen mit denjenigen von Fränkel-Weichselbaum übereinstimmen, weichen sie in

Bezug auf die Lungen von diesen wesentlich ab. Der letztere Umstand hat mich zur vorliegenden Mittheilung veranlasst.

Nachdem eine Spur der bezüglichen Reincultur den Mäusen unter **der Rückenhaut dicht über der Schwanzwurzel** hineingebracht war, blieben die Thiere am ersten Tage vollständig gesund und munter. Erst in den folgenden 24 Stunden wurden dieselben abgeschlagen, verloren ihre Fresslust und gingen nach 48 bis 60 Stunden zu Grunde.

Bei der Section habe ich an der Impfstelle keine Reaction angetroffen; die Milz war stets ein wenig vergrössert, etwas hart und von dunkelrother Farbe; die Lungen mit Blut überfüllt, die unteren Lappen derselben bei manchen Mäusen hart, luftleer und sanken in Alkohol unter.

Das aus dem Herzen entnommene Blut lieferte Reinculturen der Fränkel-Weichselbaum'schen Pneumobacterien. Dieselben besassen alle oben aufgezählten Merkmale, sowohl in Bezug auf makroskopischen Befund, als auch in Rücksicht auf tinctorielle Eigenschaften.

In der Nähe indurirter Lungenabschnitte constatirte ich starke Hyperämie: die Capillaren waren dort stellenweise dilatirt und bei Behandlung nach Gram konnte man darin die ebengenannten Mikroorganismen sehen. Die infiltrirten Lungenlappen boten ein anderes Bild dar: neben den ziemlich stark injicirten Capillaren, welche die in Rede stehenden Bacterien bargen, bin ich, hier und da, theils auf kleine Blutextravasate gestossen, von denen die Lungenalveolen gruppenweise zu mehreren umgeben waren, theils auf etwas umfangreichere, stets scharf gegen die Umgebung abgegrenzte, aber im Allgemeinen nicht grosse Infiltrate gestossen, welche ausser rothen und weissen Blutkörperchen Fibrin enthielten. Diesen eben geschilderten Veränderungen bin ich nicht nur in peripherisch, sondern auch in central gelegenen Lungenpartieen begegnet.

Innerhalb infiltrirter Stellen war es mir nicht gelungen, Fränkel-Weichselbaum'sche Bacterien deutlich zu sehen, wogegen in Grenzgebieten dieselben in grösserer Anzahl nachzuweisen waren. Man konnte sie vorzugsweise zu 2, mitunter zu 4, ab und zu vereinzelt liegend, wahrnehmen. An manchen von ihnen war die ungefärbte Capsel sichtbar. Beim Studium meiner diesbezüglichen Präparate waren unsere Bacterien entweder innerhalb der Capillargefässe oder dicht neben denselben, niemals aber in den Epithel- oder Wanderzellen zu finden.

Es ergiebt sich nun aus den aufgezeichneten Befunden, dass bei Mäusen unter angeführten Umständen in den unteren Lungenlappen circumscripte Entzündungsherde neben unbedeutenden Blutaustritten in's Parenchym zur Entwickelung kommen können. Dieses Ergebniss ist um so beachtenswerther, als sämmtliche Forscher, welche sich mit der Aetiologie der croupösen Pneumonie befasst haben, höchstens eine unbedeutende

Lungenhyperämie gesehen haben. Nur bei Einspritzung von Bacterien unmittelbar in's Lungengewebe wurden pneumonische Herde darin beobachtet. Im vorliegenden Falle habe ich, um noch einmal diese Thatsache zu betonen, das Infectionsmaterial mittelst Impfnadel unter die Haut an der Basis des Schwanzes den Mäusen applicirt. Die Ursache der sonst bei experimenteller Infection noch nie beobachteten Localisation unseres Leidens bin ich nicht im Stande zu erklären. Vielleicht, dass das späte Eintreten des Todes, nämlich nach 48 bis 60 Stunden, hier von Einfluss ist, da doch die Möglichkeit nicht von der Hand gewiesen werden kann, dass Pneumobacterien erst nach längerem Verweilen im thierischen Organismus die ihnen zur Ansiedelung in den Lungen nöthigen Eigenschaften erlangen. Doch konnten in unserem Falle auch ganz fremdartige, vollkommen accidentelle Einflüsse gewaltet haben, obwohl wir uns keiner Schuld wider die Antisepsis bewusst sind.

Da ich nun im Lungensafte ein Mal (im vorigen Jahre) die Friedländer'schen, das andere Mal (in den vorliegenden Fällen) die Fränkel-Weichselbaum'schen Pneumobacterien constatirt habe, so bin ich wohl berechtigt, zu behaupten, dass beide Arten befähigt sind, croupöse Lungenentzündung hervorzurufen, natürlich unter der Voraussetzung, dass dieselben die eigentlichen Krankheitserreger sind. Die pathogenen Eigenschaften der Friedländer'schen Bacterien negiren zu wollen, ist unmöglich. Welche von ihnen häufiger vorzukommen pflegen, kann man zur Zeit nicht entscheiden.

Es lässt sich a priori die Möglichkeit nicht leugnen, dass bei weiteren in dieser Richtung geführten experimentellen Untersuchungen noch andere von den bereits entdeckten ganz verschiedene Organismen als eigentliche Erreger der croupösen Pneumonie erkannt werden, zumal es ja erwiesen ist, dass die erstgenannten (Friedländer'schen und Fränkel-Weichselbaum'schen) auch in der Mundhöhle zu nisten pflegen, von wo sie leicht in die Lungen gerathen können. Es wäre demnach denkbar, dass die von mir vermutheten Bacterien, nachdem sie den entzündlichen Process in den Lungen wachgerufen haben, zu Grunde gegangen sind, um den aus dem Munde eingewanderten den Platz zu räumen.

[Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.]

Einige Untersuchungen über die Einwirkung des Kaffee-infuses auf die Bacterien.

Von

Dr. **Carl Lüderitz.**

Bei der Bedeutung des Kaffees als eines weitverbreiteten diätetischen und Genuss-Mittels ist es in mehrfacher Hinsicht wichtig, auch über den Einfluss, den er auf Bacterien, speciell auf die krankheitserregenden, ausübt, genauer orientirt zu sein. In den bisherigen Untersuchungen, nach denen dem gerösteten Kaffee deutliche antiseptische Eigenschaften zukommen, hat man insbesondere in's Auge gefasst, wie sich dies Mittel, da es fast überall zur Hand ist, etwa in der chirurgischen Praxis, zum Verband von Wunden, verwenden liesse. Doch kommen ausserdem Gesichtspunkte in Betracht, nach denen in den letzten Jahren bereits eine Reihe von Nahrungs- und Genussmitteln — wie Wasser, Milch, Selterswasser, Butter, Käse u. a. — bacteriologisch untersucht worden sind. Denn das mit heissem Wasser hergestellte Kaffeegetränk wird nicht bloss frisch und also frei von schädlichen Keimen, sondern in breiten Schichten der Bevölkerung, speciell in den ärmeren Classen und auf dem Lande, und in Quantitäten, die nicht unterschätzt werden dürfen, auch kalt, mehrere oder gar viele Stunden nach der Bereitung, als durststillendes und erfrischendes Mittel genossen. Vornehmlich für Zeiten, in denen Epidemieen, wie Typhus und Cholera, zu besonderer Sorgfalt bei der Aufnahme von Speisen und Getränken auffordern, gilt sogar seit lange im Volke die Ansicht, dass kalter Kaffee ein „gesundes" Getränk sei. Es bleibt fraglich, wieviel an solcher Ansicht Wahrheit ist; und es ist zunächst zu wissen nöthig, ob im Kaffeeinfus die pathogenen Mikroorganismen sich erhalten oder zu Grunde gehen. Im letzteren Falle dürfte vielleicht jenem Mittel in hygienischer Beziehung eine grössere Bedeutung, als bisher geschehen, zuzuerkennen sein.

Bezügliche Untersuchungen liegen, wie bemerkt, bereits vor. Aber dieselben sind nicht umfangreich genug.

Erwähnt sei die Angabe von Weiss[1] aus dem Jahre 1832, dass durch Zusatz von Kaffeeaufguss zu in Zersetzung begriffenen animalischen oder vegetabilischen Stoffen deren Geruch sich beseitigen lasse, und seine eindringliche Empfehlung des beim Rösten des Kaffees entstehenden Dampfes zur Zerstörung von Miasmen und Contagien; ein Recept zu „Kaffeeräucherungen" ist von Close[2] angegeben worden. Ferner theilt Rabuteau[3] mit, dass durch die empyreumatischen Substanzen des Kaffeeaufgusses die Entwickelung von Infusorien gehemmt werde. Vor einigen Jahren machte Oppler,[4] der seine Versuche mit dem gepulverten, gerösteten Kaffee anstellte, von Neuem auf die nicht unbedeutenden fäulnisswidrigen Eigenschaften desselben aufmerksam und empfahl ihn als ein Mittel, welches, auf frische Wunden aufgestreut, allen Ansprüchen der ersten Antisepsis im Felde genüge. Nach einer brieflichen Mittheilung, die ich der Freundlichkeit dieses Autors verdanke und hier nicht möchte unerwähnt lassen, ist es demselben ferner gelungen, durch Imprägnation von zerhacktem Fleisch mit fein gemahlenem gerösteten Kaffee in bestimmten Verhältnissen ein Präparat herzustellen, welches, in compendiöser Form die nährenden Bestandtheile des Fleisches und die erregenden des Kaffees enthaltend, Jahre lang der Fäulniss widersteht. Durch die starke, wasserentziehende Kraft des feinen Kaffeepulvers werden hierbei die thierischen Gewebe rasch trocken gelegt und wird schon hierdurch den Mikroorganismen die wichtigste Lebensbedingung entzogen. Von zwei mir vorliegenden, 4 bezw. 3 Jahre alten derartigen Präparaten, welche Herr Oppler die Güte hatte mir zuzusenden, bildet das eine, aus 12·5 Theilen Fleisch und 5·5 Theilen Kaffee bereitet, ein dunkelbraunes, trocknes, nicht unangenehm schmeckendes Pulver, das andere, das ausserdem noch Hafermehl enthält, einen graubraunen festen Kuchen. Es ist wohl möglich, wie Herr Oppler meint, dass, wenn die Technik sich der Sache annimmt, diese neue Art Conserve für weitere Kreise sich nutzbar machen lässt.

Ueber die Wirkung des Kaffees auf Bacterien macht ferner Sucksdorff[5] einige Angaben. Kaffeeinfus (5:100), das einige Tage stehen ge-

---

[1] Chr. Conr. Weiss, *Coffea arabica, nach seiner zerstörenden Wirkung auf animalische Dünste als Schutzmittel gegen Contagien vorgeschlagen.* Freiberg. 1832.

[2] *Archiv der Pharmacie* von H. Ludwig. 1872. 51. Jahrg. III. Reihe. Bd. I. S. 556.

[3] Citirt in Husemann's *Arzneimittellehre.* 1883. Bd. II. S. 968.

[4] Oppler, *Centralblatt für Chirurgie.* 1885. Nr. 30; und besonders *Deutsche militärärztliche Zeitschrift.* 1885. Hft. 6 u. 12.

[5] Sucksdorff, *Archiv für Hygiene.* 1886. Bd. IV.

blieben, war noch völlig klar, während Theeinfus sowohl Schimmelbildung als reichliche Bacterienentwickelung aufwies. Wurden frisch bereiteter (5 proc.) Kaffee und Thee mit bacterienhaltiger Flüssigkeit (Schmutzwasser und verflüssigte Bacteriengelatinecultur) versetzt, so zeigte sich ein ähnlicher Unterschied: im Kaffee kamen Spaltpilze viel langsamer als im Thee zur Entwickelung. Dagegen liess sich bei Genuss von viel Kaffeegetränk zu den Mahlzeiten nur in dem einen der beiden Versuche eine deutliche, mit einigem Rechte der Wirkung jenes Getränkes zuzuschreibende Abnahme der Zahl der in den Fäces vorhandenen Spaltpilze nachweisen.

Endlich ist eine Publication von Heim[1] zu nennen, welcher mit Reinculturen verschiedener Bacterienarten gearbeitet hat. Die Versuche wurden theils mit inficirten Seidenfäden gemacht, die verschieden lange Zeit in 10 procent. Kaffeeinfus getaucht blieben, — die betreffenden Bacterienarten waren Staphylococcus albus und aureus, Eiterstreptokokken, Milzbrandfäden und -sporen; theils wurden in Nährgelatine von wechselndem Kaffeegehalt Stichculturen angelegt, und zwar mit Cholerabacillen, Staphylococcus aureus und Milzbrandfäden; theils endlich wurde das Wachsthum dieser 3 Arten in Plattenculturen, und zwar in Nährgelatine mit 1 Proc. und mit 5 Proc. Kaffeezusatz, geprüft. Die Ergebnisse seiner Versuche fasst der Autor in folgende Sätze zusammen: „Die Einwirkung eines 10 procent. Kaffeeinfuses auf an Seidenfäden adhärirende Bacterien ist eine bezüglich der Desinfection nicht ausreichende. Die sporenfreien Milzbrandzellen werden durch dasselbe nach 3 Stunden entwickelungsunfähig, mitunter auch schon nach viel kürzerer Zeit; Streptokokken aus Bouillonculturen in den ersten 24 Stunden, solche, welche sich im Eiter, wie er aus dem lebenden Organismus kommt, befinden, wahrscheinlich aus mechanischen Ursachen, noch nicht nach $1^1/_2$ Tagen, in verdünntem Eiter zwischen $1^1/_2$ und 2 Tagen; Staphylococcus albus braucht zum gleichen Zweck fast 2 Tage, bei Staphylococcus aureus genügt auch diese Zeit noch nicht, und Milzbrandsporen bleiben noch nach 1 Woche keimungsfähig. Ueberall aber wurde wenigstens verzögertes Wachsthum nach kürzerem oder längerem Verweilen im Kaffeeinfus erzielt. Lediglich ein solches zeigten auch Stichculturen von Staphylococcus aureus, Milzbrandsporen, Vibr. Koch. in 5 proc. Kaffeegelatine. Ein besseres Resultat wurde durch Aussaat und nachträgliche Vertheilung auf Platten in 1 procent., eine definitive Vernichtung der eingebrachten Keime (speciell der Anthraxsporen nach 2 Tagen) in 5 procent. Kaffeegelatine erzielt." An diesen Ergebnissen Heim's ist ein Widerspruch auffallend: Milzbrandsporen sollen in 10 procent. Kaffeeaufguss noch nach 1 Woche keimungsfähig, dagegen in 5 procent. Kaffee-

[1] Heim, *Münchener medicinische Wochenschrift.* 1887. Nr. 16 u. 17.

gelatine bereits nach 2 Tagen abgestorben sein. In einer späteren Mittheilung[1] sucht Heim diesen Widerspruch durch die Annahme aufzuklären, dass in dem betreffenden Versuche ihm Sporen von herabgesetzter Widerstandsfähigkeit vorgelegen hätten; aber hierdurch ist dieser Punkt natürlich nicht erledigt, sondern nur neue Versuche können Entscheidung bringen. Auch für die übrigen von Heim untersuchten Bacterienarten sind neue, ergänzende Versuche wünschenswerth.

Zu meinen eigenen Arbeiten benutzte ich nur den Aufguss des gerösteten Kaffees. Bereitet wurde derselbe fast stets aus einer bestimmten Kaffeesorte, die von einer hiesigen renommirten Firma bezogen und über Amsterdam aus den Preanger Regentschaften Javas importirt war; zwei zum Vergleich benutzte Sorten, ein guter Ceylon-Kaffee und eine minderwerthige, aus Brasilien importirte Sorte, ergaben, wie gleich hier bemerkt sei, in mehreren Versuchen ganz dieselben Resultate wie der Java-Kaffee, und es ist somit nicht wahrscheinlich, dass in dieser Beziehung zwischen den verschiedenen im Handel vorkommenden Sorten erhebliche Unterschiede existiren. Die Stärke des wie üblich vorgenommenen Röstens war stets die gleiche: schön dunkelbraunes Aussehen der Bohnen und im Vergleich zum ungebrannten Zustande 18—20 Procent Gewichtsverlust. Zur Herstellung eines 10 procent. Infuses — ein solches geniessen wir z. B. in einer Tasse von 170 ^{ccm} Kaffeegetränk, das aus etwa 1 Loth gerösteter Bohnen bereitet ist — wurden 10 ^{grm} frisch gerösteten, fein gemahlenen Kaffees mit 90 ^{ccm} siedend heissen Wassers übergossen, das Gemisch in luftdicht verschlossener Flasche 10 Minuten lang im Wasserbade bei 100^{0} erhalten und durch ein sterilisirtes Filter alsdann filtrirt. Das etwa 70 ^{ccm} betragende, schwach sauer reagirende Filtrat kam gleich nach dem Kaltwerden zur Benutzung. Entsprechend wurden Infuse verschiedenster Concentration hergestellt, das stärkste war ein 30 procent. (bereitet aus 30 ^{grm} Kaffee und 70 ^{ccm} Wasser). Dass hierbei der gewünschte Procentgehalt des Aufgusses, speciell bei mehr als etwa 10 Procent, wirklich genau erreicht wurde, soll nicht bestimmt behauptet werden. Doch ist die Methode, wenn man sich nicht des käuflichen, bezüglich seiner Provenienz schwer zu controlirenden Kaffeeextractes bedienen will, kaum durch eine andere bessere zu ersetzen, und sie erwies sich als ausreichend.

Wurden 80 ^{ccm} eines 5 procent. Aufgusses (in 2 Versuchen) offen in der bewegten unreinen Luft des Laboratoriums stehen gelassen, so fand sich nach 6 Tagen zwar Staub an der Oberfläche und Schimmelbildung, aber Bacterien waren bei directer mikroskopischer Untersuchung der Flüssigkeit gar nicht und bei Anwendung des Plattenverfahrens — nach Ver-

---

[1] Heim, *Centralblatt für Bacteriologie.* 1887. Bd. I. Nr. 25.

mengung von $^1/_4$ ccm der Flüssigkeit mit Nährgelatine — nur in dem einen der beiden Infuse, als vereinzelte Colonieen, nachweisbar. Leitungswasser dagegen, welches vorher 15 Minuten lang gekocht und dann in gleich grosser Menge 6 Tage lang unbedeckt stehen gelassen war, ergab mittelst der Plattenmethode in $^1/_4$ ccm Zusatz zahlreiche Bacterien. Dass Schimmelpilze auf Kaffee sich ansiedeln können, ist bekannt. Mit einer Anzahl auf ihr Wachsthum in diesem Substrat specieller von mir untersuchter Schimmelpilzarten bekam ich in allen Fällen positive Resultate: Penicillium glaucum, Aspergillus niger, Mucor stolonifer, Aspergillus flavescens, Aspergillus fumigatus, Mucor corymbifer zeigten, in 10 procent. Infus geimpft, nach einigen Tagen — die drei erstgenannten Arten bei Zimmertemperatur, die drei anderen bei 37° C. — deutliches, theilweise sogar üppiges Wachsthum.

Zu einem genaueren Einblick in das Verhalten der Bacterien zum Kaffee wurde dann eine Anzahl von Reinculturen, pathogener und nicht pathogener Arten, benutzt. Dieselben waren: Staphylococcus pyogenes aureus, Streptococcus erysipelatos, Bac. typhi abdominalis, Bac. cholerae asiaticae, Bac. anthracis, Bac. prodigiosus, Proteus vulgaris. Der Staphylococcus aureus war theils aus Osteomyelitis-Eiter, theils aus einem subcutanen Abscess gewonnen worden; der Bac. chol. asiat. stammte aus dem Darm eines Meerschweinchens, das in bekannter Weise mit Choleracultur inficirt worden und an Cholera zu Grunde gegangen war; der Typhusbacillus war aus frischer Milz eines an Typhus Gestorbenen gezüchtet; für die normale Virulenz des Milzbrandbacillus waren häufige, während der Dauer der Untersuchungen an Mäusen vorgenommene Impfungen beweisend.

Zum Studium des Verhaltens dieser 7 Bacterienarten gegen Kaffeeaufguss wurden einige Tropfen, 4 bis 6, mittelst Pipette aus einer frischen Bouillon-Reincultur genommen, zu 8—10 ccm frisch bereiteten abgekühlten Aufgusses hinzugefügt und durch Schütteln möglichst gleichmässig darin vertheilt. Nach verschieden langer Zeit geschah dann die Entnahme von Proben dieser Aufschwemmung, Vertheilung der Proben in Nährgelatine und Ausrollung der letzteren zu Rollplatten. Die weiterhin auf den Platten zum Wachsthum gelangenden Bacteriencolonieen — bei einer Temperatur, die etwa 20° C., sehr häufig auch mehr betrug — ihre Anzahl und die Zeit ihres Auftretens dienten zu Schlüssen auf die Art der Einwirkung, welche die Organismen vom Kaffee erfahren hatten. In der Regel wurden auch Controlplatten (aus Proben, die einer Mischung von einigen Tropfen Bouilloncultur mit 8 ccm Kochsalzlösung oder verdünnter Bouillon entnommen waren) hergestellt, und diese lieferten dann sehr zahlreiche oder unzählige Colonieen. Der Umstand, dass bei Benutzung von Aufschwem-

mungen ausser Bacterien auch Kaffee mittelst der Platinöse in die Gelatine mitübergeimpft wurde, machte die Methode nicht unbrauchbar, denn wie der Gang der Untersuchungen und specielle Controlversuche lehrten, wurde durch die geringe Menge mitübergeimpften Kaffees das etwaige Auftreten von Colonieen auf den Rollplatten nicht verhindert.

Bringt man die Bacterien nicht in reines Kaffeeinfus, sondern sind letzterem gleichzeitig grössere Mengen von Nährmaterial beigemengt, so wird der schädigende Einfluss des Infuses natürlich abgeschwächt. Von einer genaueren Prüfung dieses Verhaltens wurde abgesehen; nur ein Gemenge von Bouillon und Kaffee wurde einige Male verwendet. Zu einer grösseren Versuchsreihe diente indessen, und zwar um den Grad der durch Kaffee zu erzielenden Entwickelungshemmung der einzelnen Bacterienarten zu studiren, ein Gemisch von Kaffeeinfus und Nährgelatine. Dies wurde aus gewöhnlicher, im Reagensglas befindlicher, 10—15 procent. Nährgelatine dadurch hergestellt, dass zu 2 Theilen derselben 1 Theil des frischen und zwar nach Bedarf in verschiedenster Concentration bereiteten Kaffeeinfuses hinzugefügt und möglichst gleichmässig damit vermengt wurde; beispielsweise also geschah die Herstellung einer 10 procent. Kaffeegelatine mittelst eines 30 procent. Infuses. Das Gemisch ist selbst bei starkem Kaffeegehalt völlig klar und zeigt — von etwa 0·5 Procent desselben an — schwach saure Reaction. Eine nachträgliche Herstellung der alkalischen Reaction unterblieb, da, wie später gezeigt werden wird, gerade die für die Beeinflussung der Bacterien wichtigen Bestandtheile des Kaffees schwach sauer reagiren. Das Gemisch wurde mit der zu untersuchenden Bacterienart beschickt und zur Rollplatte gestaltet, gleichzeitig wurde mit einer entsprechend durch Wasser verdünnten Nährgelatine eine Controlplatte angefertigt. Beim Beimpfen ist es, wie bekannt, von Wichtigkeit, dass man nicht allzuviel Keime hineinbringt, sondern die in der Controlplatte sich entwickelnden Colonieen müssen noch gut zählbar sein. Besonders aber ist das Mitübertragen zusammenhängender Massen von Bacterien zu vermeiden. Denn sehr häufig sieht man in Nährgelatine von einem Kaffeegehalt, der bei mässiger Anzahl von Keimen totale Wachsthumshemmung verursacht, solche gröberen Partikel noch ganz gut weiter wachsen. Oft treten ferner, sobald letztere zum Wachsthum gelangt sind, allmählich dann auch in ihrer Umgebung zahlreiche Colonieen hervor, während der übrige Theil der Platte völlig steril bleiben kann. Es sind also die bei der Vermehrung der Bacterien sich bildenden und in die Umgebung diffundirenden Stoffwechselproducte im Stande, die antiseptische Wirkung des Kaffees zu vernichten.

Im Folgenden sind die gewonnenen Resultate zusammengestellt. Bezüglich der Zahlen, welche den mit Entwickelungshemmung verbundenen

Kaffeegehalt der Gelatine angeben, sei noch bemerkt, dass die völlige Hemmung des Wachsthums in häufigen Fällen schon bei etwas niedrigeren Werthen als den angeführten zu constatiren war.

1. Bacillus prodigiosus.

Beginnende Hemmung des Wachsthums in **0·6** proc., vollendete in **8** bis **9** proc. Kaffeegelatine. Benutzt wurden Gelatinemischungen von folgendem Kaffee-Procentgehalt: 0·2, 0·4, 0·6, 1·0, 2·0, 5·0, 6·0, 7·0, 8·0, 9·0, 10·0.

In 10 proc. Kaffeebouillon war 8 Tage nach der Einsaat (einiger Tropfen Bouilloncultur in 15 ccm) die Anzahl der lebenden Keime ziemlich unverändert. Dagegen stirbt der Bacillus in reinem Kaffeeinfus ab, und zwar in 5 proc. nach 6 Tagen (1 Versuch), in 10 proc. nach 3 bis 5 Tagen (3 Versuche), in 20 proc. nach 2 Tagen (1 Versuch), in 30 proc. schon innerhalb des 1. Tages (2 Versuche). Zur Veranschaulichung dieses Vorganges füge ich zwei Versuchsprotokolle bei.

10 procentiges Infus.

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
15 Minuten	nach 1 Tag	zahllose feine Colonieen
	„ 2 Tagen	die Platte verflüssigt
1 Tag	„ 1 Tag	sehr zahlreiche feine Colonieen
	„ 3 Tagen	fast Alles verflüssigt
2 Tage	„ 1 Tag	nichts
	„ 2 Tagen	mässig zahlreiche Colonieen
	„ 3 „	fast Alles verflüssigt
3 Tage	„ 1 Tag	nichts
	„ 2 Tagen	8 kleine Colonieen
	„ 3 „	40 Colonieen, stark verflüssigend
	„ 4 „	fast Alles verflüssigt
4 Tage	„ 22 „	nichts

30 procentiges Infus.

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
1/2 Stunde	nach 1 Tag	zahllose feine Colonieen
	„ 2 Tagen	Alles verflüssigt
3 Stunden	„ 1 Tag	nichts
	„ 2 Tagen	zahlreiche Colonieen
	„ 3 „	Alles verflüssigt
1 Tag	„ 14 „	nichts

2. Bacillus typhi abdominalis.

Beginnende Hemmung in 0·5 proc., vollendete in 3 proc. Kaffeegelatine. Benutzte Procentgehalte: 0·3, 0·4, 0·5, 0·8, 1·0, 1·5, 2·0, 2·5, 3·0, 4·0.

Entsprechend war in 5 proc. Kaffeebouillon der Bacillus nach 9 Tagen noch am Leben, in 15 proc. Kaffeebouillon jedoch nach derselben Zeit abgestorben (je 1 Versuch). Mit reinem Infus wurden 12 Versuche angestellt, deren Ergebniss war: in 1 proc. Infus (3 Versuche) waren nach 18 Tagen die Bacillen noch lebend und anscheinend an Zahl nicht vermindert; in 5 proc. (3 Versuche) erfolgte Absterben nach 2, 2, 3 Tagen; in 10 procent. (3 Versuche) Absterben nach 1, 2, 3 Tagen; in 20 procent. (1 Versuch) Tod in 2 Tagen; in 30 proc. (2 Versuche) Tod am 1. resp. 2. Tage. — 3 Beispiele:

5 procentiges Infus.

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
1/2 Stunde	nach 1 Tag	nichts Deutliches
	„ 2 Tagen	äusserst zahlreiche Colonieen
1 Tag	„ 2 „	nichts
	„ 3 „	ziemlich spärliche Colonieen
	„ 5 „	mässig zahlreiche Colonieen
	„ 10 „	Dasselbe
2 Tage	„ 4 „	nichts
	„ 6 „	1 Colonie
	„ 8 „	2 Colonieen
	„ 20 „	Dasselbe
3 Tage	„ 19 „	nichts

10 procentiges Infus.

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
1/4 Stunde	nach 1 Tag	nichts
	„ 2 Tagen	zahllose feine Colonieen
	„ 3 „	zahllose Colonieen
1 Tag	„ 1 Tag	nichts
	„ 2 „	vereinzelte feine Colonieen
	„ 3 „	mässig zahlreiche Colonieen
	„ 6 „	Dasselbe
2 Tage	„ 19 „	nichts

30 procentiges Infus.

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
1/2 Stunde	nach 1 Tag	beginnende feinste Colonieen
	„ 2 Tagen	zahllose Colonieen

(Fortsetzung.)

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
8 Stunden	nach 1 Tag	nichts
	„ 2 Tagen	ziemlich zahlreiche Colonieen
	„ 3 „	zahlreiche Colonieen
1 Tag	„ 3 „	nichts
	„ 4 „	4 Colonieen
	„ 14 „	Dasselbe
2 Tage	„ 14 „	nichts

3. Proteus vulgaris.

Beginnende Hemmung in **0·5** proc., vollendete in **2·5** proc. Kaffeegelatine. Benutzte Procentgehalte: 0·3, 0·4, 0·5, 0·6, 1·0, 1·5, 2·0, 2·5, 3·0. In 10 proc. Infus (4 Versuche) Absterben in 2, 2, 2, 4 Tagen, in 20 proc. und 30 proc. (je 1 Versuch) Absterben am 1. Tage. — Ein Beispiel:

10 procentiges Infus.

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
1 Stunde	nach 1 Tag	sehr zahlreiche feinste Colonieen
	„ 2 Tagen	Alles verflüssigt
1 Tag	„ 1 Tag	nichts
	„ 2 Tagen	zahlreiche Colonieen
	„ 3 „	Alles verflüssigt
2 Tage	„ 2 „	nichts
	„ 3 „	ziemlich spärliche Colonieen
	„ 4 „	Platte grösstentheils verflüssigt
3 Tage	„ 2 „	nichts
	„ 3 „	2 Colonieen
	„ 5 „	4 Colonieen, stark verflüssigend
	„ 9 „	keine neuen Colon., Platte stark verflüss.
4 Tage	„ 20 „	nichts

4. Staphylococcus pyogenes aureus.

Entwickelungshemmung beginnt bei **0·5** Proc., ist vollendet bei **2** Proc. Kaffeegehalt der Gelatine. Benutzte Procentgehalte: 0·1, 0·3, 0·5, 0·6, 1·0, 1·5, 1·7, 2·0, 2·5, 3·0.

In 15 proc. Kaffeebouillon wurde der Eitercoccus noch nach 10 Tagen lebend gefunden. In reinem Infus dagegen stirbt er, und zwar in 5 proc.

(1 Versuch) nach 6 Tagen, in 10 proc. (4 Versuche) nach 4, 6, 6, 7 Tagen, in 20 proc. (1 Versuch) nach 3 Tagen und in 30 proc. (3 Versuche) nach 1, 3, 3 Tagen. — 2 Beispiele:

10 procentiges Infus.

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
2 Stunden	nach 1 Tag	nichts
	„ 2 Tagen	sehr zahlreiche feinste Colonieen
	„ 4 „	Platte zum grossen Theil verflüssigt
1 Tag	„ 1 Tag	nichts
	„ 2 Tagen	zahlreiche feinste Colonieen
	„ 5 „	sehr zahlreiche Colonieen
	„ 8 „	Platte zum Theil verflüssigt
2 Tage	„ 1 Tag	nichts
	„ 3 Tagen	zahlreiche feine Colonieen
	„ 7 „	beginnende Verflüssigung
4 Tage	„ 5 „	nichts
	„ 6 „	einzelne feine Colonieen
	„ 7 „	ziemlich spärliche Colonieen
	„ 12 „	Dasselbe
5Tage	„ 5 „	1 feine Colonie
	„ 6 „	2 Colonieen
	„ 8 „	5 Colonieen
	„ 14 „	Dasselbe
6 Tage	„ 20 „	nichts

30 procentiges Infus.

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
15 Minuten	nach 1 Tag	beginnende feinste Colonieen
	„ 2 Tagen	äusserst zahlr. Col., beginnende Verfl.
	„ 3 „	Alles verflüssigt
3 Stunden	„ 1 Tag	nichts
	„ 2 Tagen	sehr zahlreiche feine Colonieen
	„ 3 „	fast Alles verflüssigt.
1 Tag	„ 1 Tag	nichts
	„ 2 Tagen	einzelne sehr feine Colonieen
	„ 3 „	ziemlich spärliche Colonieen
	„ 5 „	dieselben, stark verflüssigend
2 Tage	„ 4 „	nichts
	„ 5 „	1 Colonie
3 Tage	„ 20 „	nichts

5. Streptococcus erysipelatos.

Beginnende Entwickelungshemmung schon bei **0·1** Procent, vollendete bei **1** Procent Kaffeegehalt der Gelatine. Benutzte Procentgehalte: 0·08, 0·1, 0·3, 0·5, 0·6, 0·8, 1·0, 1·5, 2·0.

Mit dem Infus wurden 9 Versuche gemacht, und es ergab sich: in 10 proc. Infus (5 Versuche) erschienen einmal noch nach 1 tägiger Einwirkung einzelne Colonieen auf der prüfenden Gelatineplatte, in den vier anderen Versuchen erfolgte nach dieser Zeit kein Wachsthum mehr, auch bei 20 Proc. und 30 Proc. (1 Versuch bez. 3 Versuche) erfolgte Absterben am 1. Tage. — 2 Beispiele:

10 procentiges Infus.

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
10 Minuten	nach 2 Tagen	nichts
	„ 3 „	zahlreiche feinste Colonieen
	„ 5 „	sehr zahlreiche Colonieen
4 Stunden	„ 2 „	nichts
	„ 3 „	einzelne feinste Colonieen
	„ 4 „	mässig zahlreiche feinste Colonieen
	„ 5 „	zahlreiche Colonieen
8 Stunden	„ 5 „	nichts
	„ 6 „	einzelne feine Colonieen
	„ 8 „	mässig zahlreiche Colonieen
	„ 14 „	Dasselbe
1 Tag	„ 20 „	nichts

30 procentiges Infus.

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
15 Minuten	nach 2 Tagen	nichts
	„ 3 „	sehr zahlreiche feinste Colonieen
	„ 9 „	sehr zahlreiche Colonieen
3 Stunden	„ 3 „	nichts Deutliches
	„ 4 „	zahlreiche feine Colonieen
	„ 6 „	sehr zahlreiche Colonieen
	„ 9 „	Dasselbe
7 Stunden	„ 4 „	nichts
	„ 6 „	ziemlich zahlreiche feine Colonieen
	„ 9 „	zahlreiche Colonieen
1 Tag	„ 20 „	nichts

6. Bacillus cholerae asiaticae.

Entwickelungshemmung beginnt bei **0·05** Procent, ist vollendet bei **1** Procent Kaffeegehalt der Gelatine. Benutzte Procentgehalte: 0·01, 0·05, 0·1, 0·3, 0·5, 0·8, 1·0, 1·5, 2·0.

Gegen reines Infus zeigten die Cholerabacillen eine viel grössere Empfindlichkeit als alle bisher besprochenen Bacterienarten. 1 procentiges Infus (3 Versuche) tödtete sie in 7, 8, 8 Stunden und wohl in noch kürzerer Zeit, 5 procentiges (3 Versuche) in $1^1/_2$, 3, 4 Stunden, 10 procentiges (2 Versuche) in 3 und 4 Stunden, 20 procentiges (1 Versuch) in 3 und 30 procentiges Infus (4 Versuche) in $^1/_2$, $^3/_4$, 1, 2 Stunden. Auch 5 procentiges Infus, das nicht mehr frisch war, sondern, durch Watteverschluss vor Verunreinigung geschützt, bereits 5 Tage gestanden hatte, bewirkte in $^1/_2$ bez. 3 Stunden Vernichtung der Keime (2 Versuche); in 2 anderen, mit 2 Tage altem 5 procentigen Infus angestellten Versuchen wurden erst nach 24 Stunden Proben zur Untersuchung entnommen: kein Wachsthum. — Zur Veranschaulichung des Mitgetheilten 4 Beispiele:

1 procentiges Infus.

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
5 Minuten	nach 1 Tag	äusserst zahlreiche feinste Colonieen
	„ 2 Tagen	zahllose Colonieen
	„ 4 „	fast Alles verflüssigt
3 Stunden	„ 1 Tag	nichts
	„ 2 Tagen	vereinzelte Colonieen
	„ 3 „	ziemlich spärliche Colonieen
	„ 4 „	etwa dieselben (84)
	„ 5 „	150 Colonieen
	„ 10 „	Dasselbe, starke Verflüssigung
7 Stunden	„ 14 „	nichts

5 procentiges Infus.

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
$^1/_2$ Stunde	nach 1 Tag	beginnende feinste Colonieen
	„ 2 Tagen	äusserst zahlreiche Colonieen
	„ 3 „	beginnende Verflüssigung
3 Stunden	„ 3 „	nichts
	„ 4 „	1 Colonie
	„ 22 „	Dasselbe
4 Stunden	„ 21 „	nichts

10 procentiges Infus.

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
10 Minuten	nach 1 Tag	zahllose feinste Colonieen
	„ 2 Tagen	zahllose Colonieen, Platte z. Th. verfl.
1 Stunde	„ 1 Tag	nichts
	„ 2 Tagen	zahlreiche kleine Colonieen
	„ 3 „	zahlreiche Colonieen

(Fortsetzung.)

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
2 Stunden	nach 2 Tagen	nichts
	„ 3 „	1 Colonie
	„ 10 „	Dasselbe
3 Stunden	„ 20 „	nichts
	30 procentiges Infus.	
5 Minuten	nach 1 Tag	zahllose feinste Colonieen
	„ 2 Tagen	zahllose Colonieen
	„ 3 „	beginnende Verflüssigung
1/2 Stunde	„ 1 Tag	beginnende feinste Colonieen
	„ 2 Tagen	sehr zahlreiche Colonieen
	„ 4 „	beginnende Verflüssigung
1 Stunde	„ 1 Tag	nichts
	„ 2 Tagen	mässig zahlreiche feine Colonieen
	„ 10 „	Dasselbe
1 1/2 Stund.	„ 2 „	nichts
	„ 3 „	2 Colonieen
	„ 10 „	Dasselbe
2 Stunden	„ 14 „	nichts

7. Bacillus anthracis.

Zur Untersuchung auf Entwickelungshemmung wurde theils sporenfreies theils sporenhaltiges Material benutzt. Der Bacillus erwies sich hierbei als empfindlicher als alle vorstehend besprochenen Bacterienarten: die Hemmung begann bereits bei etwa **0·01** Procent und war complet bei **0·6** Procent Kaffeegehalt des Nährgemisches. Benutzte Procentgehalte: 0·005, 0·01, 0·05, 0·1, 0·3, 0·6, 0·8, 1·0, 2·0.

Das Verhalten gegen Kaffeeinfus anlangend, so waren sporenfreie Bacillen und freie Sporen gesondert zu untersuchen. Erstere wurden vorwiegend aus Bacillenculturen gewonnen, in denen bei geeigneter Temperatur (18 bis 20° C.) zwar gutes Wachsthum, aber noch keine Sporenbildung aufgetreten war, und zeigten normale Virulenz; mehrere Male wurde auch Milzsaft von Mäusen, die an Milzbrand zu Grunde gegangen waren, der Kaffeeflüssigkeit zugesetzt. In den letzteren Fällen war die zum Abtödten der Bacillen durch Kaffee erforderliche Zeit etwas länger als bei Benutzung von Bacillenculturen, was sicher dem Umstande, dass bei Benutzung von Gewebssaft zugleich auch Gewebsbröckel in den Kaffee hineingebracht wurden, zuzuschreiben ist. Es ergab sich nun, dass

10 procentiges Infus die Bacillen (aus Bouilloncultur) in 4 Versuchen binnen 2, 2, 3 und 3 Stunden tödtete; 20 procentiges Infus (1 Versuch) brauchte 3 Stunden, 30 procentiges (in jedem von 3 Versuchen) 2 Stunden. — 2 Beispiele:

10 procentiges Infus.

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
15 Minuten	nach 2 Tagen	zahlreiche feine Colonieen
	„ 5 „	desgleichen, zum Theil verflüssigend
1 Stunde	„ 2 „	spärliche feine Colonieen
	„ 5 „	mässig zahlreiche schöne Colonieen
	„ 6 „	dieselben, zum Theil verflüssigend
$1^1/_2$ Stunden	„ 3 „	vereinzelte Colonieen
	„ 4 „	sehr spärliche Colonieen
	„ 5 „	spärliche (40) Colonieen
	„ 12 „	dieselben, starke Verflüssigung
2 Stunden	„ 5 „	1 Colonie
	„ 6 „	3 Colonieen
	„ 11 „	Dasselbe
3 Stunden	„ 14 „	nichts

30 procentiges Infus.

Zeitdauer der Kaffeewirkung	Wachsthum der entnommenen Probe auf Rollplatte	
15 Minuten	nach 2 Tagen	sehr zahlreiche Colonieen
	„ 4 „	dieselben, stark verflüssigend
$^1/_2$ Stunde	„ 2 „	ziemlich zahlreiche Colonieen
	„ 5 „	Dasselbe
1 Stunde	„ 2 „	spärliche sehr feine Colonieen
	„ 5 „	mässig zahlreiche schöne Colonieen
	„ 6 „	dieselben, verflüssigend
$1^1/_2$ Stunden	„ 5 „	3 kleine Colonieen
	„ 11 „	dieselben, stark verflüssigend
2 Stunden	„ 14 „	nichts

Die benutzten Milzbrand**sporen** stammten von Agarculturen, die einige Zeit bis 37° gehalten waren und, wie die mikroskopische Betrachtung zeigte, aus zahllosen freien Sporen bestanden. Nachdem die Cultur mit etwas sterilisirtem Wasser zu einer milchigen Flüssigkeit aufgeschwemmt war, wurden 3 bis 4 Tropfen derselben zu 8 ccm Kaffeeaufguss hinzugefügt. Aus dem bei Zimmertemperatur aufbewahrten und durch Gummikappe vor Verdunstung geschützten Gemisch wurden dann täglich oder seltener nach jedesmaligem Umschütteln Proben mittelst Platinöse entnommen, in Nährgelatine vertheilt und nach Ausrollen der letzteren

späterhin auf ihren Keimgehalt untersucht. Bei den ersten, mit 3 Infusen von 10 Procent bez. 20 Procent und 30 Procent angestellten Versuchen wuchsen, bei täglichem Abimpfen, bis zum 9. Tage in jeder der prüfenden Platten sehr zahlreiche Colonieen, nur schien in den letzten Tagen ihre Entwickelung etwas verlangsamt und war ihre Anzahl etwas geringer; als sodann aus äusseren Gründen die Arbeit 3 Wochen lang unterbrochen werden musste, und als nach dieser Zeit die drei Infuse von Neuem geprüft wurden, wuchsen aus dem 10 procentigen Infus nur spärliche Colonieen, die Platten aus dem 20 procentigen und 30 procentigen blieben steril. Es schienen also die Sporen abgestorben zu sein. Zur genaueren Feststellung dieses Verhaltens diente eine neue Anzahl von Versuchen. Die zu den letzteren verwendeten Sporen entstammten zwei Agarculturen, welche 2 resp. 3 Wochen alt waren, und zeigten, in Gelatine vertheilt und strömendem Wasserdampfe von 100° C. ausgesetzt, nach 5 resp. 4 Minuten auf Rollplatten noch gutes Wachsthum. Bezüglich der Kaffeewirkung ergaben die Versuche — 4 mit 10 procentigem, 4 mit 30 procentigem Infus — das in der Tabelle S. 254 zusammengestellte Resultat.

Wie aus der Tabelle ersichtlich, wird durch 1 bis 2 wöchentliche Kaffeewirkung die Fähigkeit der Sporen, auf Gelatineplatten zu wachsen, aufgehoben. Unter noch besseren Ernährungsverhältnissen, bei 37° in Nährbouillon, trat um diese Zeit noch Wachsthum auf, aber auch hier blieb dasselbe etwa 1 Woche später — in den einzelnen Fällen 4, 5, 6, 10 und 12 Tage später als auf der Platte — schliesslich aus, *die Sporen mussten als abgestorben betrachtet werden.* Auffälliger Weise wirkte hierbei das 30 procentige Infus nicht rascher als das 10 procentige, ja es war eher das Gegentheil der Fall. (Beiläufig sei hier daran erinnert, dass durch die Eigenschaft geschwächter Keime, auf Gelatineplatten nicht mehr, dagegen noch bei Brüttemperatur sich weiter zu entwickeln, die oben für eine Reihe von Bacterien gefundenen Resultate etwas verschoben werden dürften, doch ist die deshalb anzunehmende Verlängerung der Abtödtungszeit hier sicherlich nur eine geringe.) Erwähnt sei endlich, dass 3 weisse Mäuse, deren jede 0·2 ccm einer 33 Tage alten Aufschwemmung von Milzbrandsporen in 10 procentigem Kaffeeinfus subcutan injicirt erhielt, von bemerkbarer Erkrankung verschont blieben.

Andere bestimmte Sporenarten als die des Milzbranderregers sind nicht eingehend geprüft worden. Doch theile ich in dieser Beziehung mit, dass eine Aufschwemmung von $^1/_4$ ccm faulender Bouillon, in der mikroskopisch neben verschieden geformten Bacillen zahllose Sporen zu bemerken waren, in 10 ccm 10 procentigen Kaffeeinfuses zwar, wie die controlirenden Gelatineplatten zeigten, allmählich an lebensfähigen Keimen

	10 Proc.	10 Proc.	10 Proc.	10 Proc.	30 Proc.	30 Proc.	30 Proc.	30 Proc.
1 Tag	zahllose Colonieen	zahllose Colonieen	sehr zahlreiche Colonieen	zahllose Colon.	zahllose Colon.	sehr zahlr. Colon.	zahllose Colon.	zahllose Colon.
2 Tage	—	—	—	—	—	—	—	—
3 „	—	—	—	—	—	—	—	—
4 „	zahllose Colonieen	—	—	—	sehr zahlr. Colon.	—	zahllose Colon.	—
5 „	—	zahllose Colonieen	—	zahllose Colon.	—	—	—	zahllose Colon.
6 „	zahllose Colonieen	—	—	—	zahllose Colon.	—	zahlr. Colon.	—
7 „	—	sehr zahlreiche Colonieen	mässig zahlreiche Colonieen	zahllose Colon.	—	ziemlich zahlr. Colon.	—	zahllose Colon.
8 „	zahllose Colonieen	—	—	—	äusserst zahlr. Colon.	—	zahllose Colon.	
9 „	—	zahlreiche Colonieen	—	nichts	—	ziemlich spärl. Colon.	—	spärl. Colon.
10 „	nichts	—	—		sehr zahlr. Colon.	—	nichts	—
11 „		mässig zahlreiche Colonieen	nichts		—	nichts		nichts
12 „		—			ziemlich spärlich. Colon.			
13 „		spärliche Colonieen			—			
14 „		—			nichts			
15 „		nichts						

verarmte, jedoch nicht völlig steril wurde: noch nach 35 tägiger Einwirkung wurden Bouillonproben, die mit einer Platinöse voll der Aufschwemmung beschickt und in den Brütschrank (37° C.) gestellt waren, rasch trübe von Bacterienentwickelung.

Aus dem Mitgetheilten ergiebt sich, dass der schädigende Einfluss des Kaffees auf die Bacterien nicht ganz unbeträchtlich ist. Sämmtliche daraufhin geprüfte Bacterienarten wurden schon durch relativ kleine Mengen des wässerigen Auszugs (bei Zusatz desselben zur Nährgelatine) in ihrem Wachsthum gehemmt und gingen in reinem Infus zu Grunde. Dabei stellten sich in der Widerstandsfähigkeit der einzelnen Bacterien-

arten recht erhebliche Unterschiede heraus. So betrug, um das Wichtigste zu resümiren, der zur Erzielung völliger Entwickelungshemmung erforderliche Kaffeegehalt des Nährgemisches bei Bac. prodigiosus 8 bis 9 Procent, bei Bac. typhi abdom. 3 Procent, bei Proteus vulgaris 2·5 Procent, bei Staphyl. pyog. aur. 2 Procent, bei Streptoc. erysipelat. und Bac. cholerae asiat. 1 Procent, bei Bac. anthracis 0·6 Procent. Diesen Unterschieden entsprechend war auch die Zeit, die beim Verweilen der Bacterien im reinen Infus zur Tödtung derselben erforderlich war, für die einzelnen Arten verschieden. Nur zeigte sich hier der Staph. aur. am meisten resistent, indem bei Benutzung von 10 procentigem Infus sämmtliche Keime erst nach 4 bis 7 Tagen abgestorben waren; Prodigiosus dagegen starb in 3 bis 5 Tagen, Proteus vulgaris in 2 bis 4 Tagen, Bac. typhi in 2 bis 3 Tagen, der Erysipelcoccus am 1. Tage und Cholera-, sowie Milzbrandbacterien schon binnen 3 Stunden. Selbst so resistente Gebilde wie Milzbrandsporen gingen bei genügend langer, etwa 2 bis 4 Wochen dauernder Einwirkung des Infuses zu Grunde. — Bemerkenswerth ist endlich, dass dem Absterben der Keime ein Zeitraum vorausgeht, in welchem sie, aus dem Kaffeeinfus zurückversetzt in gute Nährsubtrate, sich langsamer als normal entwickeln: aus den mitgetheilten Versuchsprotokollen ist dies an dem verspäteten Auftreten der Colonieen mit Deutlichkeit zu erkennen.

Die Frage, welchen chemischen Bestandtheilen des Kaffeeinfuses man die antiseptische Wirkung zuschreiben muss, ist mit der genügenden Exactheit noch nicht zu beantworten. Dass der therapeutisch wichtigste oder als wichtigster geltende Bestandtheil des Kaffees, das Coffeïn, hierbei sehr wenig betheiligt ist, hat schon Heim mitgetheilt, und kann ich seine bezüglichen Versuchsresultate bestätigen. In 0·02 procentiger Coffeïn-Nährgelatine — entsprechend einer etwa 2 procentigen Kaffeegelatine, da nach Aubert[1] in einer Tasse Kaffeegetränk, das aus 10 ^{grm} Bohnen, auf rohe Bohnen berechnet, hergestellt ist, im Durchschnitt 0·1 bis 0·12 ^{grm} Coffeïn enthalten sind — sah ich Staph. aur. und den Cholerabacillus ungehemmt sich entwickeln, während der letztere schon in 1 procentiger Kaffeegelatine sein Wachsthum ganz einstellt; und selbst in 0·2 procentiger Coffeïn-Gelatine — entsprechend 20 Procent Kaffeegehalt — erlitten Staph., Typhus- und Milzbrandbacillen nur ganz geringe Hemmung, während Cholerabacillen allerdings nicht mehr wuchsen. Dem Coffeïn kommt hiernach zwar ein gewisser antibacterieller Werth zu, aber derselbe ist so gering, dass er an der Wirkung des Infuses sich nur ganz unbedeutend betheiligen kann.

---

[1] Nothnagel und Rossbach, *Arzneimittellehre*. 1880. 4. Aufl. S. 618.

Was die übrigen hier in Betracht kommenden Bestandtheile betrifft, so ist deren Prüfung schwierig, bez. unmöglich, da ihre chemische Natur bisher nur ungenügend bekannt ist. Wahrscheinlich sind es mehrere Stoffe, denen der antiseptische Einfluss zukommt. Man muss an die dem Kaffee eigenthümliche Gerbsäure denken, die in den rohen Bohnen zu 3 bis 5 Procent, aber auch in den gebrannten noch theilweise enthalten ist; ihr Einfluss ist vielleicht ein mitwirkender, doch wohl kein wesentlicher. Sondern vor Allem sind wohl von Wichtigkeit die aus den organischen Bestandtheilen der rohen Bohnen beim Rösten derselben durch trockene Destillation entstehenden empyreumatischen Producte, der auch als Caffeon bezeichnete Complex von Verbindungen. Auch von den Eingangs genannten Autoren, von Weiss, Rabuteau, Oppler, Heim werden diese Producte als das antiseptische Princip angesehen. Doch ist ein Beweis für diese Annahme, so viel mir bekannt,[1] bisher nicht erbracht worden.

Einen Theil dieser Caffeonstoffe habe ich durch Destillation von Kaffeeinfus isolirt und zu bacteriologischen Zwecken benutzt. Das beim Erhitzen von 200 ^{ccm} frischen 10 procentigen Infuses gewonnene wasserhelle Destillat hatte in seinen ersten Portionen angenehmen Kaffeegeruch und schwach saure Reaction, die späteren, von etwa 70 ^{ccm} an übergehenden Portionen rochen unangenehm brenzlich und rauchig und waren von stärkerer Acidität. Sowohl der zuerst gewonnene, als der zwischen 80 und 90 ^{ccm} aufgefangene Antheil des Destillats vermochte das Wachsthum des Bac. prodigiosus (in Nährgelatine) in ausgeprägter, mit dem geringen Einfluss des Coffeïns nicht zu vergleichender Weise zu hemmen. Die Hemmung war allerdings schwächer, als sie durch das Infus erzielt wurde; auch das auf $^1/_2$ bis $^2/_3$ seines Volumens eingedampfte und dann durch Wasserzusatz wieder auf sein Anfangsquantum gebrachte Infus wirkte stärker als das Destillat, und kaum schwächer als das frische ungekochte Infus. Jedenfalls aber ist experimentell bestätigt, dass die beim Rösten des Kaffees gebildeten empyreumatischen Substanzen an seiner antibacteriellen Wirkung wesentlichen Antheil haben.

---

[1] Die Arbeit von Rabuteau hat mir im Original nicht vorgelegen.

[Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.]

Ueber das Verhalten der Choleravibrionen im Taubenkörper.

Von

Stabsarzt Dr. **R. Pfeiffer** und Marinestabsarzt Dr. **Nocht.**

Vor wenigen Monaten machte Pasteur[1] im Namen Gamaleia's der Académie des sciences eine kurze vorläufige Mittheilung über Versuche dieses Forschers mit dem Vibrio cholerae asiaticae, die geeignet waren, lebhaftes Aufsehen zu erregen.

Wie Gamaleia angab, war er ganz auf der Fährte des bekannten Pasteur'schen Gedankenganges nach dem Princip der „progressiven Virulenz" und der Vaccination durch chemische Mittel dazu gelangt, einmal dem Kommabacillus eine ausserordentlich erhöhte Giftigkeit zu verleihen und andererseits durch geeignete Präventivimpfungen bei den für dieses Virus empfänglichen Thierspecies eine absolute Immunität zu erzielen, Resultate, die, wenn sie sich bestätigen, in der That von der allergrössten Wichtigkeit sein würden.

Gamaleia will sein Ziel auf folgende Weise erreicht haben. Er inficirt zunächst mit den gewöhnlichen Choleraculturen Meerschweinchen und impft die Cholera von dort auf Tauben über. Die Tauben sterben alsdann unter dem Bilde einer „Choléra sec", zugleich erscheint der Choleravibrio im Blute, und, was das wichtigste ist, schon nach wenigen Passagen durch den Taubenkörper (wörtlich „après quelques passages") erlangt dieses Mikrobion eine so extreme Giftigkeit, dass derartiges Taubenblut in Dosen von ein bis zwei Tropfen mit Sicherheit frische Tauben und Meerschweinchen in 8 bis 10 Stunden tödtet. Doch nicht genug.

---

[1] *Semaine médicale.* 1888. p. 334.

Impfte Gamaleia Tauben zweimal mit den gewöhnlichen relativ ungiftigen Choleraculturen, in den Brustmuskel und in den Peritonealsack, so wurden sie gegen das sonst ausnahmslos tödtliche Virus immun. Brachte er ferner Tauben oder Meerschweinchen virulente Cholerabouillonculturen bei, die jedoch vorher durch zwanzig Minuten langes Erhitzen auf 120° C. sterilisirt war, so konnte er nachweisen, dass auch der sterilen Flüssigkeit noch deutliche giftige Eigenschaften beiwohnten, indem 12 ccm auf einmal eingespritzt Tauben, 4 ccm Meerschweinchen unter charakteristischen, choleraähnlichen Erscheinungen tödteten. Erhielten nun die Tauben die letale Dosis nicht auf einmal, sondern in 2 bis 3 Sitzungen vertheilt, so überstanden sie den Eingriff und waren jetzt auch gegen die Infection mit der virulentesten Cholera völlig geschützt.

Gamaleia glaubt sonach eine ungefährliche und durchaus sichere Methode der Schutzimpfung gegen die Cholera gefunden zu haben, deren Anwendbarkeit auf den Menschen für ihn ausser Zweifel ist.

Obwohl nun zur Zeit die so wünschenswerthen genaueren Publicationen Gamaleia's noch ausstehen und obwohl unsere Kenntniss seiner Resultate sich ausschliesslich auf den dürftigen Inhalt der eben kurz resumirten Mittheilung Pasteur's beschränkt, hielten die Verfasser es doch für geboten, schon jetzt eine Nachprüfung der Gamaleia'schen Versuchsergebnisse vorzunehmen, zumal diese in scharfem Gegensatze zu allen bisherigen Kenntnissen über Lebenseigenschaften und Giftwirkung des Choleravibrio stehen.

Ein günstiger Zufall setzte uns in den Besitz einer relativ jungen und noch sehr virulenten Choleracultur. Wir verdanken dieselbe einem englischen Forscher Mac Leod, der sie vor etwa Jahresfrist in Shanghai rein gezüchtet, und nach Berlin gebracht hatte, um am hiesigen hygienischen Institute eine Reihe von Thierinfectionen auszuführen.[1] Es wurde in diesen Versuchen, an denen wir regen Antheil nahmen, eine grosse Anzahl von Meerschweinchen nach der bekannten Koch'schen Methode (Neutralisation des Mageninhaltes mit 5 procent. Sodalösung, mit nachfolgender intraperitonealer Injection von Opiumtinctur) mit Cholera inficirt und zwar erhielten die Versuchsthiere von der zweiten Generation ab immer den Darminhalt der vorher gestorbenen Thiere, so dass die Cholera von Thier zu Thier durch volle zehn Generationen direct übertragen wurde. Die Virulenz der so fortgepflanzten Cholera war eine sehr beträchtliche, so dass schliesslich $^1/_2$, ja $^1/_4$ ccm der kommabacillenhaltigen Dünndarmcontenta genügten, um Meerschweinchen bei Einführung per os mit Sicherheit in 18 bis 20 Stunden zu tödten. Bei der Section

[1] *An Enquiry into the causation of asiatic Choléra.* Neil Macleod and Walter J. Milles.

fanden sich dann in allen Fällen die bekannten Erscheinungen der künstlich erzeugten Cholera in ausgesprochenem Maasse. Die dünnen Därme waren rosig gefärbt, durch dünnflüssigen, graugelblichen Inhalt prall ausgefüllt. Des öfteren fanden sich auch Magen und Dickdarm mit dünner Flüssigkeit schwappend gefüllt. Das reichliche Vorhandensein der echten Choleravibrionen wurde in jedem Falle mikroskopisch und durch das Culturverfahren constatirt.

Als Ausgangsmaterial für unsere Taubenversuche wählten wir den sehr bacillenreichen Dünndarminhalt eines Meerschweinchens der VI. und der VIII. Generation und glauben dadurch der Forderung Gamaleia's, dass die Cholera erst den Meerschweinchenkörper passirt haben solle, ehe sie auf Tauben übertragen werde, in sehr reichem Maasse Genüge geleistet zu haben.

In der vorläufigen Mittheilung Gamaleia's waren über den von ihm befolgten Infectionsmodus kaum Andeutungen zu finden; nur ein kleiner leicht zu übersehender Passus liess darauf schliessen, dass er sich überwiegend intramusculärer und intraperitonealer Injectionen bedient haben mochte. Trotzdem haben die Verfasser fast sämmtliche überhaupt möglichen Infectionsmodi durchgeprüft, um den bei Tauben wirksamsten herauszufinden.

Da die Möglichkeit nicht auszuschliessen war, dass die Cholera bei der Procedur des Reinzüchtens durch mehrtägigen Aufenthalt in Nährgelatine bei Zimmertemperatur ihre im Thierkörper erlangten pathogenen Eigenschaften mehr oder weniger wieder einbüssen könnte, so wurde zunächst der Versuch gemacht, den frischen Darminhalt der eben gestorbenen Cholerameerschweinchen direct zu übertragen. Bei intramusculärer und intraperitonealer Einspritzung eines Cubikcentimeters derartigen Darminhaltes starben die Tauben in der That rasch, aber, wie sich leicht nachweisen liess, nicht an Cholera, sondern an Sepsis; bei der Obduction waren weder an der Impfstelle noch im Blute Kommabacillen mehr nachweisbar. Es wurden nun vier weitere Tauben nach dem bei Meerschweinchen so wirksamen Infectionsmodus per os behandelt. Das Resultat ist aus beistehender Tabelle (S. 262) zu ersehen.

Es ergiebt sich, dass es nicht gelungen ist, Tauben vom Darmkanal aus, mit oder ohne Opiumtinctur, mit Cholera zu inficiren auch bei Anwendung sehr infectionstüchtigen Materials. Das eine zu Grunde gegangene Thier Nr. 4 ist nach Ausweis der mikroskopischen Blutuntersuchung an Hühnercholera gestorben, die es wahrscheinlich schon vor der Choleraimpfung acquirirt hatte. Erwähnenswerth ist es ferner, dass die Choleravibrionen, wie es scheint, bei Tauben den Magen nicht zu passiren vermögen, da trotz sorgfältiger mikroskopischer und cultureller Unter-

suchung weder im Magen noch im Darmkanal eine Spur derselben aufgefunden wurde.

Lfd. Nr.	Dosis in Cubikcm.	Art des Infections-materials	Infectionsmodus	Erfolg + Tod	Erfolg 0 gesund	Sectionsergebniss	Bemerkungen
1	—	—	3 ccm 5 procent. Sodalösung per os, 1 ccm Opiumtinctur intraperitoneal		0	—	Controlthier
2	4	Darminhalt v. Cholera-Meerschw. VI. Gen.	per os, 1 ccm Opiumtinctur intraperitoneal.		0	—	—
3	1	dito	per os, vorher 1 ccm 5 proc. Sodalösung gleichfalls per os, 1 ccm Opiumtinctur intraperitoneal.		0	—	—
4	1	dito	per os, vorher 2 ccm 5 proc. Sodalösung per os, 1 ccm Opiumtinctur intraperitoneal.	+ nach 24 Std.		Im Peritoneum ziemlich starke Haemorrhagie in Folge d. Opiuminjection. Im Blute zahlreiche Bacillen der Hühnercholera. Kommabacillen nur noch spärlich im Kropf, nicht nachweisbar in Magen, Darm und Blut.	Sah schon vor der Infection struppig u. krank aus.

Da sonach alle Versuche mit directer Uebertragung des Darminhaltes von Cholerameerschweinchen auf Tauben kein brauchbares Resultat ergeben hatten, so arbeiteten wir von da ab mit Reinculturen, die durch das Plattenverfahren aus dem betreffenden Darminhalt gewonnen waren, wobei wir jedoch die Vorsicht obwalten liessen, die so erhaltenen Choleraculturen im Brütschrank bei Körperwärme aufzubewahren und zur Anstellung von Infectionsversuchen uns nur frischer, 24 bis höchstens 48 Stunden alter Culturen zu bedienen.

Wie Gamaleia behauptet, waren in seinen Versuchen die Choleravibrionen reichlich in das Taubenblut übergegangen und hatten dort offenbar zusagende Lebensbedingungen gefunden. Somit durfte man voraussetzen, dass die Kommabacillen bei directer Einführung in die Blutbahn der Tauben ihre deletären Wirkungen in erheblichem Maasse entfalten würden. Als Eingangspforte in das Gefässsystem eignet sich bei Tauben ganz vorzüglich die Hauptflügelvene, welche direct unter der Haut gelegen und gross genug ist, um eine mittelstarke Injectionscanüle bequem aufzunehmen. Als Infectionsmaterial dienten uns frische Bouillon-

culturen oder auch dicke, undurchsichtige Aufschwemmungen von Cholera-agarculturen in Bouillon. Bei vorsichtiger und langsamer Einspritzung in die Vene vertrugen Tauben die Einführung relativ sehr grosser Quantitäten ganz ausgezeichnet. Beistehende Tabelle ergiebt das Resultat dieser Versuche:

Lfd. Nr.	Dosis in Cubikcm.	Art des Infections-materials	Infections-modus	Erfolg 0 gesund	Erfolg + Tod	Sectionsergebniss	Bemerkungen
5	1	24 Stunden alte Bouilloncultur aus Cholera-Meerschweinch. VI. Gen.	Injection i. d. Flügel-vene.	0		—	—
6	1/4	Dicke Aufschw. frischer Agar-culturen in Bouillon aus Cholera-Meerschweinch. VI. Gen.	dito.	0		—	—
7	1/2	dito.	dito.	0		—	—
8	1	dito.	dito.	0		—	Nach 24 Std. entnommene Blutproben ergaben, dass d. Blut wieder steril ist.
9	2	24 Stunden alte Cholerabouillon wie oben.	dito.	0		—	—
10	2·5	dito.	dito.		+ nach 24 St.	Sectionsergebnisse wesentlich negativ. Von den Kommabacillen ist weder im Blut noch im Organsaft mehr eine Spur vorhanden.	—
11	1	Dicke Aufschwemmung einer Agarcultur von Meerschweinchen der VIII. Gen.	dito.		dito.	Blut sehr dunkel, dickflüssig. Musculatur auffällig trocken. Weder im Blut, noch in den Organen Kommabacillen nachweisbar. Die dünnen Därme zeigen keine Andeutung der v. Gamaleia beschriebenen Choléra sec.	—

Die Betrachtung dieser Tabelle führt zu dem unabweisbaren Schluss, dass im circulirenden Taubenblut die Cholerabacillen, auch wenn sie mehrfach den Meerschweinchenkörper passirt haben und für diese Thierspecies sehr virulent geworden sind, rasch zu Grunde gehen. Man könnte

ja bei Nr. 8, wo das Thier am Leben geblieben war, das Fehlen der Kommabacillen im Blute durch eine Ablagerung derselben in den Organen erklären, doch wird diese Annahme durch den Sectionsbefund von Nr. 10 und 11 entkräftet, wo auch die Organe völlig frei von Choleravibrionen gefunden wurden. Wodurch nun der Tod der beiden letzteren Thiere verursacht worden ist, dürfte schwer zu sagen sein. Man muss allerdings bedenken, dass Taube Nr. 10 eine ganz enorme Dosis erhalten hat und dass bei Taube Nr. 11 eine sehr concentrirte, dickflüssige Aufschwemmung mit zahlreichen nicht zu kleinen Bröckchen injicirt worden ist, die schon mechanisch durch Verlegung zahlreicher Blutbahnen ungünstig wirken mussten. Jedenfalls konnten diese Versuche der directen Einführung des Choleravirus in die Blutbahn uns nicht ermuthigen, weitere Thieropfer diesem aussichtslosen Infectionsmodus zu bringen.

Erst durch die Injection von Cholerareinculturen in Brusthöhle und Peritonealsack gelang es uns, die Thiere mit einiger Sicherheit zu tödten und es wurde daher diese Impfmethode im weiteren Verfolge unserer Arbeit so gut wie ausschliesslich angewandt.

Tabelle Nr. III giebt eine Uebersicht der so erzielten Resultate:

I. Taubengeneration.

Lfd. Nr.	Dosis in Cubikcm.	Art des Infections-materials	Impfstelle	Erfolg 0 gesund	Erfolg + Tod	Sectionsergebniss	Bemerkungen
12	5	Bouilloncultur von Cholera-meerschweinchen der VI. Gen.	Brusthöhle		+ in 24 Std.	Hämorrhagischer Infarct in den hinteren Partien beider Lungen, mit sehr zahlreichen Kommabacillen. Im Blute u. i. d. Organen spärl. Kommabacillen. Keine Choléra sec.	Die Lebensfähigkeit d. im Blut u. in den Organen gefundenen Kommabacill. wurde durch den positiven Ausfall d. Culturversuche nachgewiesen.
13	5	dito.	dito.		+ in 24 Std.	Sectionsergebnisse makroskopisch wesentlich negativ. Im Blute spärl. Kommabacillen.	
14	1	dito.	dito.	0		—	—
15	1	dito.	Bauchhöhle	0		—	—

II. Taubengeneration.

a) Directe Uebertragung von Taube zu Taube.

Lfd. Nr.	Dosis in Cubikcm.	Art des Infections-materials	Impfstelle	Erfolg 0 gesund	Erfolg + Tod	Sectionsergebniss	Bemerkungen
16	1	Aufschw. des Blutes und Lungensaftes v. Taube Nr. 12 u. 13 mit 2 ccm Bouillon.	Brusthöhle	0		—	—
17	1	dito.	dito.	0		—	—

b) Nach Reinzüchtung der Choleravibrionen aus Taube Nr. 12.

Lfd. Nr.	Dosis in Cubikcm.	Art des Infections-materials	Impfstelle	Erfolg		Sectionsergebnisse	Bemer-kungen
				0 gesund	+ Tod		
18	5	Bouilloncultur Cholera gewonnen aus Taube Nr. 12.	Bauchhöhle		+ nach 24 St.	Wenig ausgedehnte Peritonitis adhaesiva und exsudativa. Im Peritonealinhalt spärliche, im Blut vereinzelte Cholerabacillen.	Section wenige Stunden post mort.
19	5	dito.	dito.		+ in 24 St.	Befund wie bei Nr. 18. Im Blut sehr spärl. Kommabac.	dito.
20	5	dito.	dito.		+ in 24 St.	Befund wie bei Nr. 18 u. 19. Im Herzblut vereinzelte Choleravibrionen. In Ausstrichpräparaten des Lungensaftes zahlreiche, dicke, ziemlich grosse Bacillen.	dito.
		g) Controlthiere.					
21	5	Bouilloncultur gewonnen aus Taube Nr. 12, durch Kochen sterilisirt.	Bauchhöhle	0		—	—
22	5	dito.	dito.	0		—	—
		III. Taubengeneration.					
23	5	Bouilloncultur aus Taube Nr. 18.	Bauchhöhle		+ nach 24 St.	Beide Lungen zeigen ausgedehnte Hepatisation. In Ausstrichpräpar. d. Lungen, sowie auf Schnitten durch die gehärteten Lungen gewahrt man in den infiltrirten Partien ausserordentl. zahlreiche Kommabacillen, die sowohl das Lungengewebe selbst, als auch die mit Fibrin ausgestopften Alveolen dicht erfüllen. Durch das Plattenverfahr. ergiebt sich, dass die Kommabacillen in Reincultur vorhanden sind. Im Blut und im Peritoneum spärliche Choleravibrionen. Geringe Peritonitis adhaes. et exsudativa.	—
24	3	dito.	dito.		+ nach 24 St.	Lungen normal. Im Herzblut und im Peritonealexsudat vereinzelte Kommabac.	—
25	2	dito.	dito.	0		—	—

IV. Taubengeneration.

a) Directe Uebertragung von Taube zu Taube.

Lfd. Nr.	Dosis in Cubikcm.	Art des Infections-materials	Impfstelle	Erfolg 0 gesund	Erfolg + Tod	Sections-ergebnisse	Bemerkungen
26	4	Aufschw. des Lungensaftes und Blutes v. Taube Nr. 23 in Bouillon.	Bauchhöhle		+ innerhalb 24 St.	Im Peritoneal-secret noch spärl. Kommabacillen. Im Blute, im Saft der Lungen und d. Unterleibsorg. zahlreiche, kurze plumpe Bacillen.	Section kurze Zeit nach dem Tode.
27	3	dito.	dito.	0		—	—
28	2	dito.	dito.	0		—	—
29	5	dito.	Brustmusk.	0		—	—

b) Cholera-Reinculturen aus Taube Nr. 23 stammend.

Lfd. Nr.	Dosis in Cubikcm.	Art des Infections-materials	Impfstelle	Erfolg 0 gesund	Erfolg + Tod	Sections-ergebnisse	Bemerkungen
30	3	Dicke Aufschwemmung von Agarcult. in Bouillon.	Bauchhöhle	0		—	—
31	2	dito.	dito.	0		—	—
32	1	dito.	dito.	0		—	—
33	$^1/_2$	dito.	dito.	0		—	—
34	4	48 Std. alte Bouilloncult.	dito.	0		—	—
35	3	dito.	dito.	0		—	14 Tage später wurde Taube Nr. 35 todt gefunden, ohne dass die Section eine genügende Todesursache ergab. Im Peritoneum befand sich eine geringe Menge Exsudat, in dem durch das Plattenverfahren neben and. Bacterien auch noch sehr vereinzelte, unzweifelhafte Choleravibrionen nachgewiesen wurden.
36	2	dito.	dito.	0		—	—
37	1	dito.	dito.	0		—	—

V. Taubengeneration.

Lfd. Nr.	Dosis in Cubikcm.	Art des Infections-materials	Impfstelle	Erfolg 0 gesund	Erfolg + Tod	Sections-ergebnisse	Bemerkungen
38	5	Bouilloncultur aus T. Nr. 35.	Bauchhöhle	0		—	—
39	3	dito.	dito.	0		—	—
40	2	dito.	dito.	0		—	—

Zu der obenstehenden tabellarischen Uebersicht haben wir, da sie für sich selber spricht, nur wenige Worte hinzuzufügen. Zunächst haben wir die Behauptung Gamaleia's, dass bei Tauben die Choleravibrionen in das Blut übertreten, in der Regel bestätigt gefunden. Allerdings war die Menge der mikroskopisch sichtbaren und durch das Plattenverfahren nachweisbaren Kommabacillen im Blute stets sehr gering, auch konnten wir nicht constatiren, dass etwa in den späteren Taubengenerationen der Kommabacillengehalt des Blutes ein reichlicherer geworden wäre, wie dies doch nach den Gamaleia'schen Mittheilungen zu erwarten war. Es schien zunächst die Thatsache, dass überhaupt lebende Koch'sche Vibrionen im circulirenden Taubenblut existiren können, nicht recht im Einklang mit einem früheren Ergebnisse, wonach im Taubenblut injicirte Cholerabacterien sehr rasch absterben; doch löst sich der Widerspruch leicht durch die Erwägung, dass bei Einführung so colossaler Bacillenmengen in einen grösseren Lymphsack, in Pleura oder Peritoneum, der Lymphstrom continuirlich eine relativ grosse Anzahl Bacterien in die Blutbahn mitschleppt, die dort nicht sofort, sondern erst nach kürzerer oder längerer Zeit den hier waltenden feindlichen Einflüssen erliegen. Man wird daher unter diesen Bedingungen stets im Blute einige Bacillen antreffen, die eben erst dort hin gelangt sind und ihre Lebensfähigkeit noch nicht eingebüsst haben.

Des Ferneren haben wir gefunden, dass Tauben erst durch relativ ungeheure Einsaat von Cholerabacillen mit einiger Sicherheit zu tödten sind. Die vergiftende Dosis muss mindestens 3 ccm einer frischen Bouilloncultur betragen; sicher wird jedoch die Infection erst bei Injection von 5 ccm. Dass nicht etwa der mechanische Insult in diesen immerhin groben Eingriffen, auch nicht die Giftwirkung der Stoffwechselproducte der Bacterien, die in der Bouillon enthalten sind, für sich allein genügten, um den letalen Ausgang herbeizuführen, beweist das negative Resultat der beiden Controlexperimente Nr. 21 und 22. Von einer steigenden Virulenz der Cholera bei mehrmaliger Passage durch den Taubenkörper haben wir uns in keiner Weise zu überzeugen vermocht. Viel eher könnte man aus dem Ausfall unserer Versuche das Gegentheil deduciren. In der That, wenn in der I. Taubengeneration 5 ccm Cholerabouillon jedes Thier zu tödten vermochten, so waren in der IV. und V. Taubengeneration die gleichen, oder nur wenig geringeren Quantitäten nicht mehr im Stande entsprechende Wirkungen auszuüben.

Eine directe Uebertragung der Cholera von Taube zu Taube durch Ueberimpfung des bacillenhaltigen Organsaftes bezw. des Blutes ist uns in keinem Falle gelungen. Nur Nr. 26 scheint eine Ausnahme zu machen insofern, als diese Taube in der That nach Impfung mit dem Lungensaft

von Nr. 23 gestorben ist, ob aber an Cholera, wird nach dem mikroskopischen Befunde zahlreicher andersartiger Bacillen im Blut und im Organsaft neben vereinzelten Kommabacillen mehr als zweifelhaft, zumal die drei anderen mit demselben Infectionsmaterial geimpften Thiere Nr. 27, 28 und 29 am Leben geblieben sind. Man wird in diesem Falle wohl nicht fehl gehen mit der Annahme, dass das betreffende Thier einer zufälligen septicämischen Infection erlegen ist. Hätte man nun ohne Controle des Mikroskopes das Blut der letzteren Taube weiter verimpft, so würde mit grosser Wahrscheinlichkeit auf einen Schlag eine beträchtliche Zunahme der Virulenz des Impfmaterials hervorgetreten sein. Allerdings hätte man die Cholerabacillen dabei ganz fälschlich beschuldigt.

Als interessante Thatsachen, die zu einer weiteren Prüfung auffordern, erwähnen wir noch kurz einmal den Befund einer richtigen exsudativen pneumonischen Infiltration bei Taube Nr. 23, die nach dem Ausfall der mikroskopischen und culturellen Untersuchung auf die Wirkung der in das Peritoneum injicirten Kommabacillen zurückgeführt werden muss, und zweitens die unerwartete Lebensdauer der Choleramikrobien in der Bauchhöhle bei Taube Nr. 35, wo noch nach 14 Tagen vereinzelte lebensfähige Kommabacillen sich nachweisen liessen.

Die Verfasser sind demnach im Wesentlichen zu negativen Resultaten gelangt. Auf eine Prüfung der Angaben Gamaleia's über Erzielung von Choleraimmunität durch Injection sterilisirter Culturen mussten sie leider verzichten, da sie schon bei der Vorbedingung, der Herstellung einer virulenten Cholera scheiterten. Immerhin schien die Veröffentlichung dieser Versuche nicht als unwichtig für die Beurtheilung der Behauptungen des russischen Forschers.

Nachdem obige Arbeit vollständig abgeschlossen war, erhielten wir durch die gütige Vermittelung des Hrn. Prof. Metschnikoff eine Cultur der von Gamaleia entdeckten und von diesem als Vibrio-Metschnikoff beschriebenen Bacterienspecies. Da es von hoher Wichtigkeit war, auch für die in obiger Arbeit niedergelegten Resultate, zunächst diesem interessanten Mikroorganismus ein eingehendes Studium zu widmen, so hielten die Verfasser vorerst ihren Aufsatz zurück und übergeben ihn erst jetzt der Oeffentlichkeit, nachdem die Untersuchungen über den Vibrio-Metschnikoff zu einem vorläufigen Abschluss gelangt sind.

Neue Constructionen für Dampfdesinfectionsapparate nebst Versuchen über ihre Functionsfähigkeit.

Von

Dr. V. Budde
in Kopenhagen.

Im Laufe der letzten Jahre, nachdem Koch's bekannte Arbeiten den Anlass zu der allgemeinen Anwendung der heissen Wasserdämpfe als Desinfectionsmittel gegeben hatten, ist eine grosse Zahl verschiedener Constructionen für Dampfdesinfectionsapparate erfunden, empfohlen und benutzt worden, wobei die verschiedenartigsten Methoden und Principien für die Wirkung der Dämpfe zu praktischer Anwendung gekommen sind. Aber eben diese Vielfältigkeit der Constructionen und Methoden giebt von einem wesentlichen Mangel der Entwickelung auf diesem Gebiete Zeugniss nämlich demjenigen, dass die Entwickelung hier nicht wie auf den meisten anderen Gebieten der technischen Anwendung des Dampfes auf eingehende physikalische Untersuchungen über die Fähigkeit des Dampfes unter verschiedenartigen Bedingungen in die Stoffe, aus welchen die Desinfectionsobjecte gewöhnlich bestehen, einzudringen und hier die nothwendige Wärme hervorzubringen, sich stützt.

Wie ich früher[1] hervorgehoben habe, ist der heisse Wasserdampf bisher in den Desinfectionsapparaten unter folgenden Formen angewandt worden: 1. Strömender, nicht (oder doch nicht wesentlich) überhitzter Dampf ohne wesentlichen Ueberdruck (Koch's Sterilisationsapparat, Recks, Merkel's, Henneberg's und mehrere ähnliche Apparate). Bei dem Henneberg'schen Apparate ist eine leichte Ueberhitzung des Dampfes durch die Construction des Wasserkessels direct

---

[1] V. Budde, Die Bedeutung der Spannkraft, Temperatur und Bewegung des Dampfes bei Desinfection in Dampfapparaten. *Archiv für Hygiene.* 1889.

beabsichtigt, und bei allen diesen Apparaten entsteht nothwendig, wenn der Dampf lebhaft ausströmen soll, ein geringer Ueberdruck, so dass die Temperatur des gesättigten Dampfes ein wenig über 100° C. steigen kann. 2. Strömender, mehr oder weniger stark überhitzter Dampf (Schimmel's, Walz' und Windscheit's Apparate). Bei dem Schimmel'schen Apparate spielt der kleine Ueberdruck ($^1/_{20}$ bis $^1/_{10}$ Atmosphäre) keine grosse Rolle in Bezug auf die Schnelligkeit der Wirkung, er dient wesentlichst zur Constatirung (durch Manometerablesung) der nothwendigen Minimaltemperatur im Inneren des Desinfectionsraumes; die Hauptsache ist bei diesem, wie bei Walz' und Windscheit's Apparate, die starke Ueberhitzung des Dampfes. 3. Ruhender, mit Luft gemischter Dampf mit starkem Ueberdruck (Freymuth's Apparat). 4. Ruhender, luftfreier, nicht (oder doch nur unwesentlich) überhitzter Dampf mit starkem Ueberdruck, ein- oder zweimal im Laufe der Desinfectionsprocedur (5 bezw. 10 Minuten nach dem Anfange) von Ausblasung des Dampfes mit Reduction des Ueberdrucks bis 0 abgebrochen, wonach erneute Application des Dampfes bis zum früheren Ueberdruck (Lyon's, Benham & Sons', Herscher's Apparate).

Aus meinen, an der oben citirten Stelle mitgetheilten, Versuchen geht es indessen hervor, dass eben die Anwendungsform des Dampfes, welche, soweit mir bekannt, noch keine ausgedehnte Anwendung gefunden hat, nämlich als strömender und stark gespannter Dampf, in der That die wirksamste ist. Unter sonst gleichartigen Bedingungen wird sowohl die Bewegung als die Spannung des Dampfes sein Eindringen in die Desinfectionsobjecte begünstigen, und wenn diese zwei Momente zusammenwirken, wird man, jedenfalls wenn die Spannung einen gewissen Grad erreicht, die schnellsten Resultate bekommen. Ich bemerkte ferner, dass man nicht annehmen könnte, dass die Erwärmung der Desinfectionsobjecte ausschliesslich von dem Entweichen der Luft aus und dem Eindringen des Dampfes in die Stoffe bedingt wäre, sondern dass sie auch von den Bedingungen für die Condensation des Dampfes und die damit folgende Freimachung der latenten Wärme abhängig sein müsste. Und diese Annahme wurde durch die Resultate meiner Versuche gestützt, aus welchen hervorging, dass die procentische Vermehrung der Feuchtigkeitsmenge in dem Desinfectionsobjecte mit der Erwärmung seines Inneren einigermassen proportional war. Insofern muss also die Anwendung von wesentlich überhitztem Dampf als irrationell bezeichnet werden.

Unter grösseren Verhältnissen, wo man schnell wirkende Apparate zu haben wünscht, welche in verhältnissmässig kurzer Zeit grössere Mengen

von inficirten Objecten desinficiren können, soll man daher den Dampf als a) strömenden, b) stark gespannten und c) nicht überhitzten anwenden. Man soll also nach meiner Meinung keine der bisher empfohlenen Typen wählen, sondern einen Apparat nach den oben genannten Principien construiren. Die Grundzüge der Construction sollen, wie ich es früher[1] entwickelt habe, die folgenden sein: Die Form des Ofens soll cylindrisch sein, an beiden Enden des Cylinders eine genau schliessende Thür, die sich bezw. in den Einladeraum für inficirte Gegenstände und den Ausladeraum für die desinficirten Gegenstände öffnet. Der eiserne Cylinder soll von einer gut isolirenden Beschalung, welche die Feuchtigkeit nicht einsaugt, umgeben, ferner mit Manometer und Sicherheitsventil, das auf $^3/_4$ Atmosphäre eingestellt ist, versehen sein, während die Wände selbst folglich einen weit grösseren Druck zu ertragen im Stande sein sollen. Der Dampf wird durch eine Röhrenbrause an der Decke des Cylinders eingeführt. Das Ableitungsrohr für Dampf und Condensationswasser geht von dem Boden des Cylinders aus. Die Desinfectionsobjecte werden in einem zweckmässig eingerichteten Wagen angebracht, dessen hölzerne Bestandtheile von einer Holzart, die bei Erwärmung kein Harz ausschwitzt, verarbeitet sind, und dessen eiserne Bestandtheile in den oberen Partieen galvanisirt sind. Die rollenartigen Räder sollen auf Schienen gehen und der ganze Wagen aus beiden Thüren herausgeschoben werden können. Durch eine galvanisirte Metallplatte werden die Objecte gegen das herabtröpfelnde Condensationswasser geschützt. — Einen solchen Apparat von entsprechenden Dimensionen wird man für einen verhältnissmässig niedrigen Preis haben können, und der unausgesetzt strömende, verhältnissmässig stark gespannte Dampf wird bessere und schnellere Resultate geben, als bei den anderen Formen, in welchen der Dampf bei der Desinfection zur Anwendung gebracht ist. Aus den Gründen, welche ich früher entwickelt habe, soll man nur unter grösseren Verhältnissen einen besonderen Dampfentwickeler für den Apparat haben. In den meisten Fällen ist es zweckmässiger, zugeleiteten Dampf von einem grösseren Dampfkessel, der in industriellen oder anderen Betrieben angewendet wird, zu benutzen.

Unter kleineren Verhältnissen, wo man Zeit hat, die Desinfectionsobjecte einer längeren Dampfbehandlung zu unterwerfen, und unter grösseren Verhältnissen, wo man die Desinfectionsarbeit auf mehrere Apparate zu vertheilen wünscht, kann man sich mit den langsamer wirkenden Apparaten begnügen. Die Hauptaufgabe dieser Abhandlung ist es gerade, die zweckmässigste Construction und Benutzung dieser Apparate zu er-

[1] A. a. O.

örtern. Ich bemerke hier gleich, dass man nach meiner Meinung, die ich auf die oben angeführten Gründe stütze, von den mit überhitztem Dampfe arbeitenden Apparaten ganz absehen und sich ausschliesslich an die mit strömendem gesättigtem Dampfe ohne wesentlichen Ueberdruck arbeitenden halten muss. Diese Apparate können selbstverständlich eine weit leichtere Construction haben, sind leichter aufzustellen, fordern weniger sachkundige Bedienung und sind, sowohl was die Anschaffung als den Betrieb angeht, billiger als die schnell wirkenden Apparate, welche mit stärker gespanntem Dampfe arbeiten. Hier in Dänemark haben wir vorzügliche Repräsentanten für diese Type in den Reck'schen Apparaten, welche in zwei Formen, einer grösseren prismatischen, und einer kleineren cylindrischen, vorliegen. Diese Apparate sind bei den angestellten Versuchen sowohl zuverlässig, als verhältnissmässig billig arbeitend gefunden.

Wenn ich nichtdestoweniger gemeint habe, dass die Technik damit nicht ihr letztes Wort gesagt haben darf, dann ist der Grund nicht nur technischer und wissenschaftlicher, sondern auch ökonomischer Natur. Selbst der kleinste Reck'sche Ofen kostet mit allem Zubehör (inclusive Dampfentwickeler), Transport, Aufstellung u. s. w. an den meisten Stellen ca. 1300 Mark, und diese Ausgabe wird, namentlich unter kleineren Verhältnissen, oft schwer zu erschwingen sein. Man wird hier wohl einwenden können, dass diese Apparate transportabel sind, so dass jeder Apparat für einen grösseren Kreis, auf welchem die Ausgaben dann vertheilt werden könnten, genügend sei. Obschon dieser Gedanke an mehreren Stellen Eingang gefunden hat, finde ich ihn sehr unpraktisch. Soll ein sogenannter transportabler Apparat, nachdem er mit wohl getrenntem Ein- und Ausladeraum aufgestellt gewesen ist, aus seiner Installirung genommen, längere Strecken transportirt, von geübter Bedienung gefolgt und wieder an einer neuen Stelle installirt werden, dann wird das ganze Verfahren ziemlich kostspielig, und, so weit mir bekannt, hat es auch hier in Dänemark keine praktische Anwendung gefunden. Hierzu kommt, dass, wenn die Dampfdesinfection als ein wesentliches Glied der praktischen Gesundheitspflege, besonders in den Landdistricten, eintreten soll, so müssen viele solcher Apparate zur Verfügung stehen. Sie sollen nicht nur in den kleineren Krankenhäusern, sondern auch in den grösseren Armenanstalten, in Gefängnissen, Quarantänespitälern u. s. w., und möglicher Weise auch in den Centralpunkten grösserer Communen, wo die Communication mit den genannten Stellen nicht leicht ist, angebracht sein. In den Landcommunen begegnet man ja immer hier und da Fällen nicht nur von den Krankheiten, welche als im engeren Sinne infectiös bezeichnet werden, wie Masern, Scharlachfieber, Keuchhusten u. s. w.,

sondern auch von Tuberculose und Pneumonie, die nun zu den Krankheiten, welche Desinfection fordern, gerechnet werden, ferner von parasitären Haut- und Haarkrankheiten u. s. w.

Sollen die Desinfectionsöfen eine solche Ausbreitung gewinnen, so muss als erste Bedingung aufgestellt werden, dass sie viel billiger als bisher werden, ohne doch an Sicherheit und Zuverlässigkeit der Desinfectionswirkung zu verlieren. Solche billige Apparate sind ja schon construirt und empfohlen, aber ich finde sie nicht ganz praktisch. Erstens ist ein besonderer Dampfentwickeler nicht nöthig, indem man einen gewöhnlichen Waschkessel als solchen benutzen kann. Zweitens muss, wenn man einen verticalen Apparat brauchen will, die Forderung (welche ja bei den bisher construirten Apparaten dieser Art nicht erfüllt ist) kategorisch aufgestellt werden, dass der Ein- und Ausladeraum vollständig von einander getrennt sein sollen, weil man sonst die Gefahr läuft, dass die schon desinficirten Objecte wieder inficirt werden. Der Desinfectionscylinder soll vom Einladeraum aus durch eine Oeffnung in der Wand, welche sonst mit einem Laden geschlossen wird, gefüllt werden können, während das Ausladen in dem Raume, in welchem der Cylinder und der Waschkessel sich befinden, geschieht.

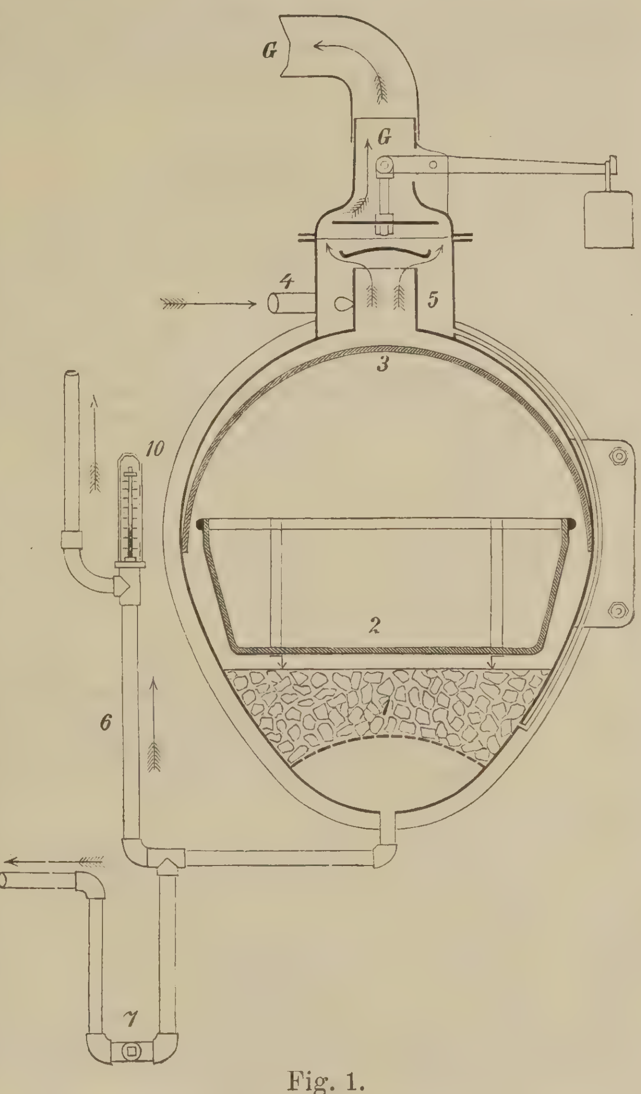


Fig. 1.
Schnitt des eiförmigen horizontalen Ofens.
1. Schicht von kleinen Steinen. 2. Desinfectionsschlitten. 3. Filzschicht zum Schutze der Desinfectionsobjecte. 4. Dampfeinströmungsrohr. 5. Wasserschlusskappe mit Ablaufrohr für das Condensationswasser. *G* Ausströmungsrohr für die Luft nach dem Schornstein während des Trocknens. 6. Dampfausströmungsrohr. 7. Ablauf mit Wasserverschluss für das Condensationswasser. 10. Auswendiges Thermometer.

Die Aufgaben, welche ich durch meine Anweisungen der Technik gestellt hatte, sind von Kapitän Reck in sehr befriedigender und tüch-

tiger Weise gelöst worden. Er hat construirt: 1. Einen dampfdichten Deckel, welcher den im Waschkessel entwickelten Dampf sammelt und ihn durch eine besondere Schlange in den Desinfectionsofen hineinleitet; 2. einen kleinen „eiförmigen", horizontalen Ofen mit Dampfeinleitung im oberen Theil, und endlich 3. einen verticalen beweglichen Ofen, in welchen der Dampf ebenfalls oben eingeleitet wird, und dessen Boden zu einer Oeffnung in der Wand des Zimmers geführt werden kann, so dass das Einladen von einem anderen Raume aus bewerkstelligt werden kann.

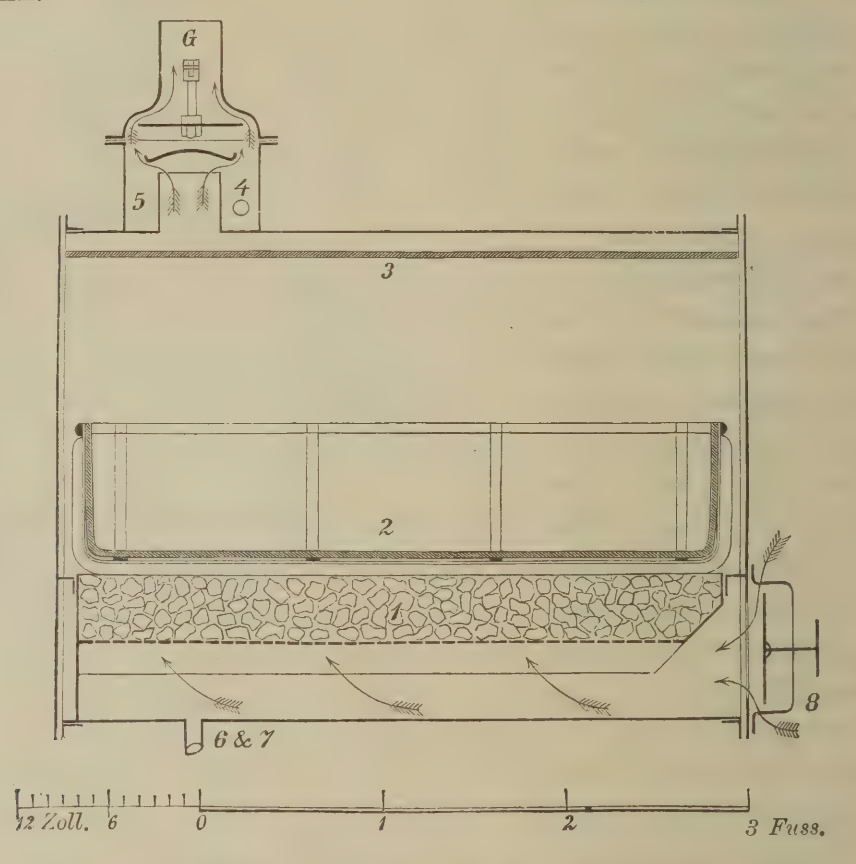


Fig. 2. Längsschnitt des eiförmigen horizontalen Ofens.
8. Luftventil auf der Thür zu dem Ausladeraum. Die Zahlen sonst wie bei Fig. 1.

Die Einrichtung und Anbringung des dampfdichten Deckels wird leicht aus den beigefügten Illustrationen (Fig. 3) ersehen. Anstatt auf dem Waschkessel festgeschraubt zu werden, was zeitraubend und nicht leicht auszuführen ist, und anstatt in einer mit Wasser gefüllten Rinne angebracht zu werden, wodurch es unmöglich wird, einen hinlänglichen Dampfdruck im Waschkessel zu produciren, wird dieser Deckel ganz einfach gegen die Decke über dem Waschkessel durch eine solide Stütze, die mit einer Schraube versehen ist, abgestützt. Diese Schraube wirkt auf 3 Arme, welche durch das Umdrehen der Schraube den Rand des

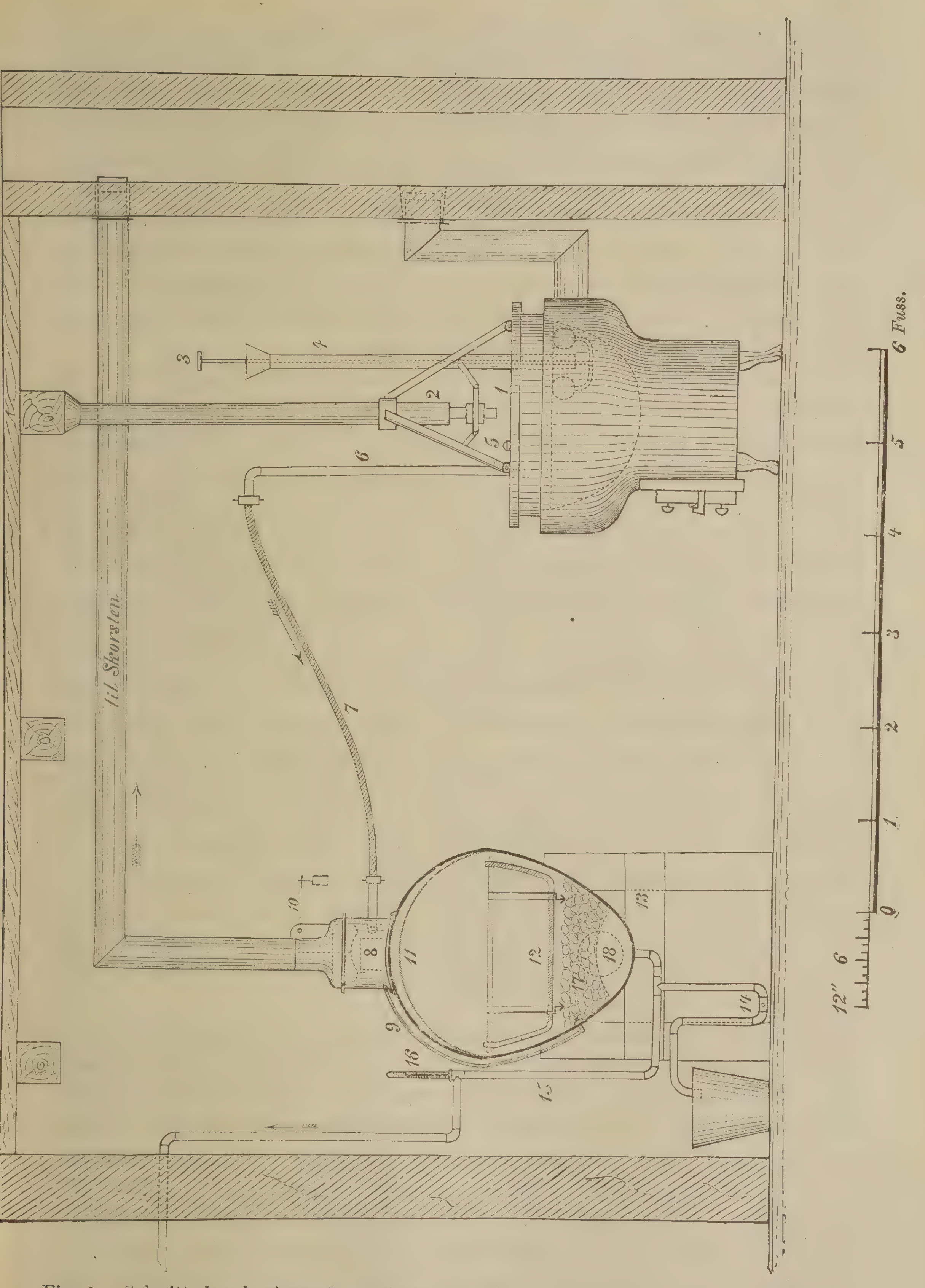


Fig. 3. Schnitt des horizontalen eiförmigen Ofens, durch eine Dampfschlange mit dem mit dem dampfdichten Deckel u. s. w. versehenen Waschkessel verbunden.

Deckels so fest gegen den Rand des Waschkessels drücken, dass der zwischen diesen Rändern angebrachte Dichtungsring einen vollständigen Verschluss darbietet. Der Deckel ist mit allen zu einem Dampftopfe gehörenden Apparaten versehen, nämlich Sicherheitsventil (5), Trichter zum Auffüllen (4), Wasserstandszeiger (3) nebst einer Verschraubung (6) zu einer Dampfschlange (7), durch welche der Waschkessel mit dem Ofen verbunden werden kann. Ein solcher Deckel von galvanisirtem Eisen mit dem genannten Zubehör und mit 10′ Dampfschlange zur Verbindung mit dem Desinfectionsofen wird von Kapitän Reck's Etablissement frachtfrei für 144 Mark geliefert, und es wird hierdurch unnöthig, einen besonderen Dampftopf, der 278 Mark kostet, anzuschaffen.

Diese Einrichtung giebt eine hinlängliche Menge Dampf, um den eiförmigen horizontalen Ofen (s. Fig. 1, 2 u. 3), der eine einzelne zusammengerollte Matratze aufnehmen kann, zu versehen. Auf diese Weise wird man die Ausstattung eines Bettes auf zwei Mal desinficiren können. Das Profil des Ofens ist eiförmig gemacht, der Form einer grossen und gut gestopften zusammengebogenen Matratze entsprechend, so dass die Matratze den oberen breiteren Theil des Ofens einnimmt, während die aus kleinen Steinen bestehende Trockeneinrichtung den unteren schmalen Theil des Ofens einnimmt. Dieser Ofen hat an beiden Enden eine Thür, welche bezw. zum Ein- und Ausladeraume führt. Der Dampf wird oben durch eine Wasserverschlusskappe, in welcher er expandiren und sein Condensationswasser ausserhalb des Ofens abgeben kann, eingeleitet. Die Wasserverschlusskappe diente auch zur Ausströmung der Luft während des Trocknens, indem man den Schieber zu dem Luftableitungsrohr durch Entfernung des auf Fig. 1 und 3 angedeuteten Gewichts öffnet. Indem der Dampf während der Desinfectionsprocedur oben einströmt, wird die schwerere Luft leichter und schneller entfernt werden, so dass der Ofen schneller erwärmt wird und der Dampf schneller in die Objecte eindringt. Der Desinfectionsraum hat inwendig eine vollständige Filzbekleidung, welche sowohl gegen das Herabtröpfeln des Wassers, als gegen das Versengen der Objecte schützt.

Nach der Anweisung des Constructeurs wird dieser Ofen in folgender Weise angewendet: Man lässt die Objecte im Ofen bleiben, bis der Dampf in einer Stunde rasch durch diesen und aus dem Ausströmungsrohre hinaus geströmt ist. Die Dampfschlange wird dann von dem dampfdichten Deckel des Waschkessels entfernt; gleichzeitig wird das Luftventil in der in den Ausladeraum führenden Thür geöffnet, und ebenfalls wird der Schieber zu dem Luftableitungsrohr oben in der Wasserverschlusskappe auf die beschriebene Weise geöffnet. Die Luft dringt dann unter den Steinen im Boden des Ofens hinein, passirt zwischen ihnen und von

ihnen Wärme aufnehmend aufwärts, kommt mit den Objecten in Berührung, trocknet sie und geht durch das Aussaugungsrohr in den Schornstein hinüber. Nach 20 bis 30 Minuten Durchlüftung ist die Procedur beendet, die Objecte können herausgenommen und eine neue Ladung eingeführt werden. — Dieser Ofen kostet ca. 405 Mark, und man wird also, da ein Waschkessel überall zur Verfügung steht, eine vollständige Desinfectionseinrichtung für ca. 550 Mark haben können.

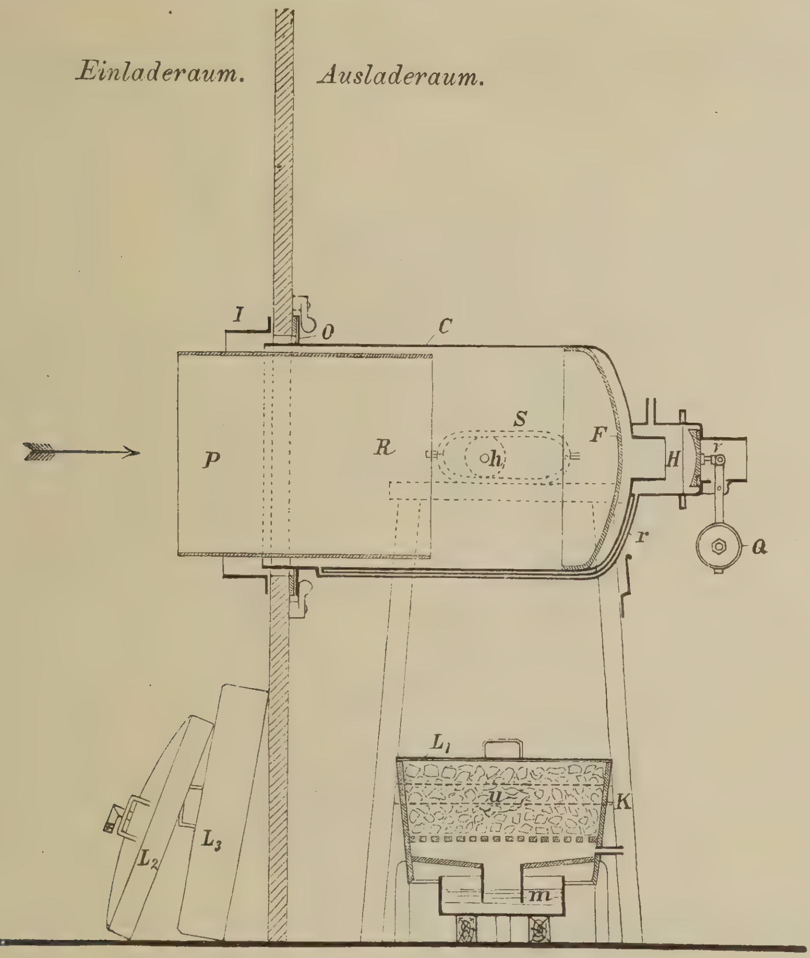


Fig. 4. Der verticale Ofen. Das Einladen.

Die Construction des verticalen, beweglichen Ofens wird leicht aus den vier beigefügten Illustrationen (Fig. 4, 5, 6, 7) ersehen. Der Ofen besteht aus einem verticalen Eisencylinder (*C*), der um eine horizontale Welle gedreht werden kann. Diese Welle trägt zwei Spurrollen (*h*), die sich eine kurze Strecke auf den an einem Stativ befestigten Schienen (*S*) bewegen können. Der eiserne Cylinder trägt oben in dem festen Deckel die Wasserverschlusskappe (*H*). An der äusseren Wand dieser Kappe wird die Dampfschlange (D_1) festgespannt. Das Wasser, welches der Dampf mit sich führt, sammelt sich in dem ringförmigen Raume und

wird durch das Rohr r abgeleitet. Oben trägt die Wasserverschlusskappe das Luftventil V, welches durch das Gewicht Q geschlossen wird. Oben im Cylinder ist ein mit Filz bekleideter Drahtnetzdeckel (F) angebracht, der das oben entwickelte Condensationswasser längs den Seiten des Cylinders herableitet und so den Desinfectionsraum (R) gegen das herabtröpfelnde Wasser schützt. In den Cylinder kann ein mit Filz bekleideter Korb (P), aus einem Eisengerippe mit eisernem Draht umwunden be-

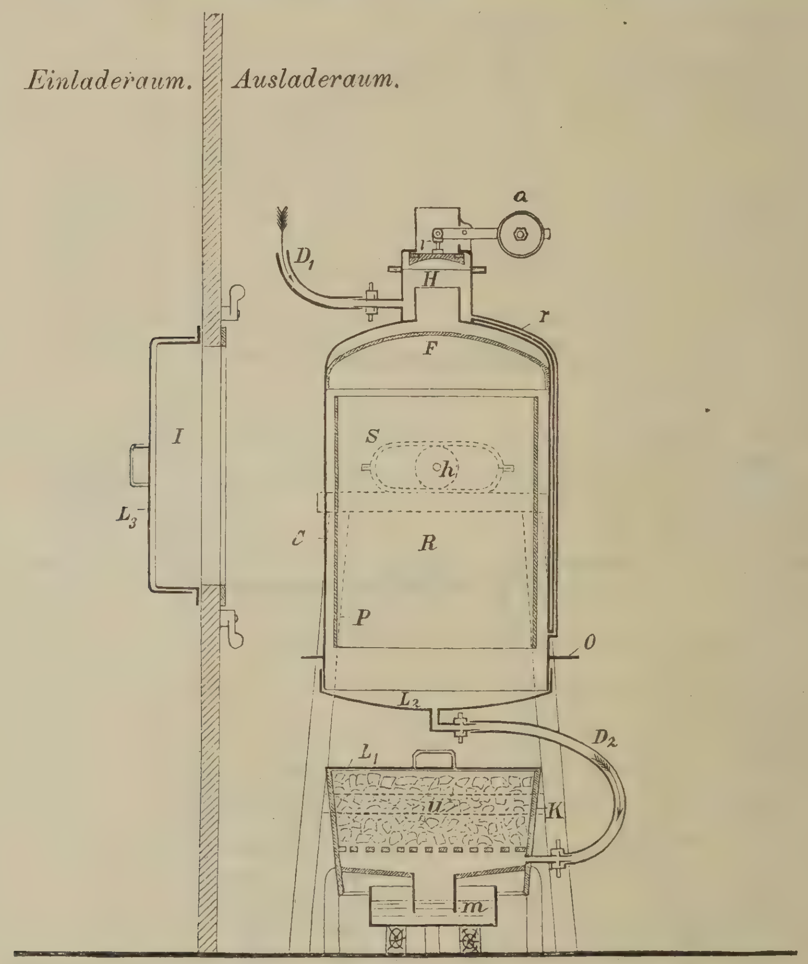


Fig. 5. Der verticale Ofen. Das Dampfen.

stehend, eingeschoben werden. Er wird an beiden Enden durch Gurte geschlossen und dient zur Aufnahme der Desinfectionsobjecte. — Unten wird der Ofen durch einen eisernen Deckel (L_2), an welchem die Spüldampfschlange D_2 festgeschraubt werden kann, geschlossen. Das andere Ende der Schlange wird an dem Gefässe K, das mit doppeltem Boden versehen ist, festgeschraubt. Der obere Boden ist durchlöchert und trägt eine Schicht von kleinen Steinen (U), während ein galvanisirtes Eisenrohr von dem unteren Boden ausgeht, so dass dadurch, wenn der Wasserbehälter m angebracht wird, ein Wasserverschluss gebildet wird. — Durch

die Flange O kann der Cylinder durch Knebel an die Scheidewand zwischen dem Ein- und Ausladeraum festgespannt werden; in der Wand ist eine, dem Umfang des Cylinders genau entsprechende Oeffnung ausgeschnitten, und diese wird von dem Ring S mit dem Deckel L_3 gedeckt.

Die ganze Procedur wird nun in vier Abtheilungen, wie es die Illustrationen zeigen, ausgeführt: 1. Das Einladen (Fig. 4). Das untere Ende des Cylinders wird nach der Oeffnung in der Wand hingedreht, und hier

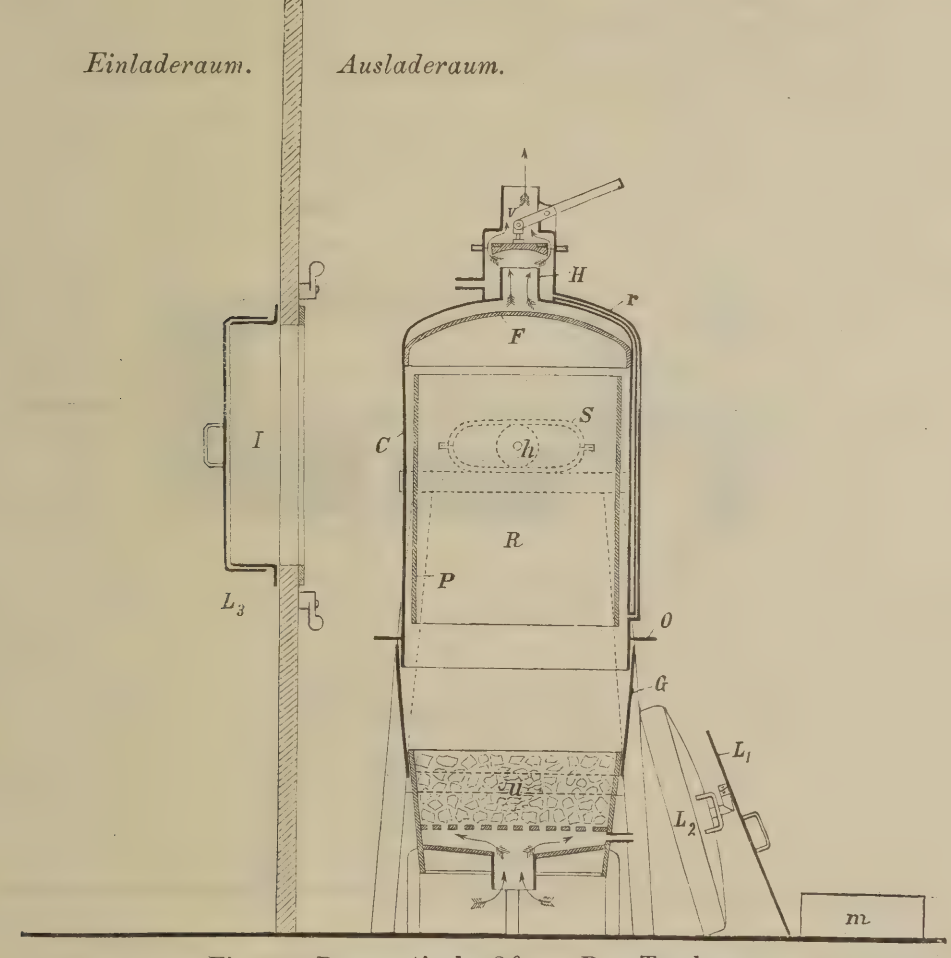


Fig. 6. Der verticale Ofen. Das Trocknen.

wird die Flange festgespannt. Die Deckel L_3 und L_2 werden in dem Einladeraum abgenommen, der Korb gefüllt und eingeschoben, wonach die Deckel wieder an ihrem Platz angebracht werden. 2. Das Dampfen (Fig. 5). Die Flange wird losgespannt, der Cylinder vertical gestellt und oben durch die Dampfleitung D_1 mit dem, mit dem dampfdichten Deckel versehenen Waschkessel in Verbindung gesetzt; unten wird er durch die Dampfschlange D_2 mit dem Raume zwischen den beiden Böden des Wärmemagazins in Verbindung gesetzt. Der Dampf wird also oben ein- und unten ausströmen, die Luft schnell entfernend. Der Spüldampf wird

die Steinschicht erwärmen, indem sein Entweichen oben durch den Deckel L_1 gehindert ist, und das Condensationswasser geht durch das Rohr in den Behälter *m* hinab. — 3. Das Trocknen (Fig. 6). Während der Cylinder in der verticalen Stellung verbleibt, wird die Zuleitung von Dampf sistirt. Die Deckel L_1 und L_2 werden entfernt. Der Wasserbehälter wird entfernt und die Presenning *G* angebracht. Trockene, frische Luft

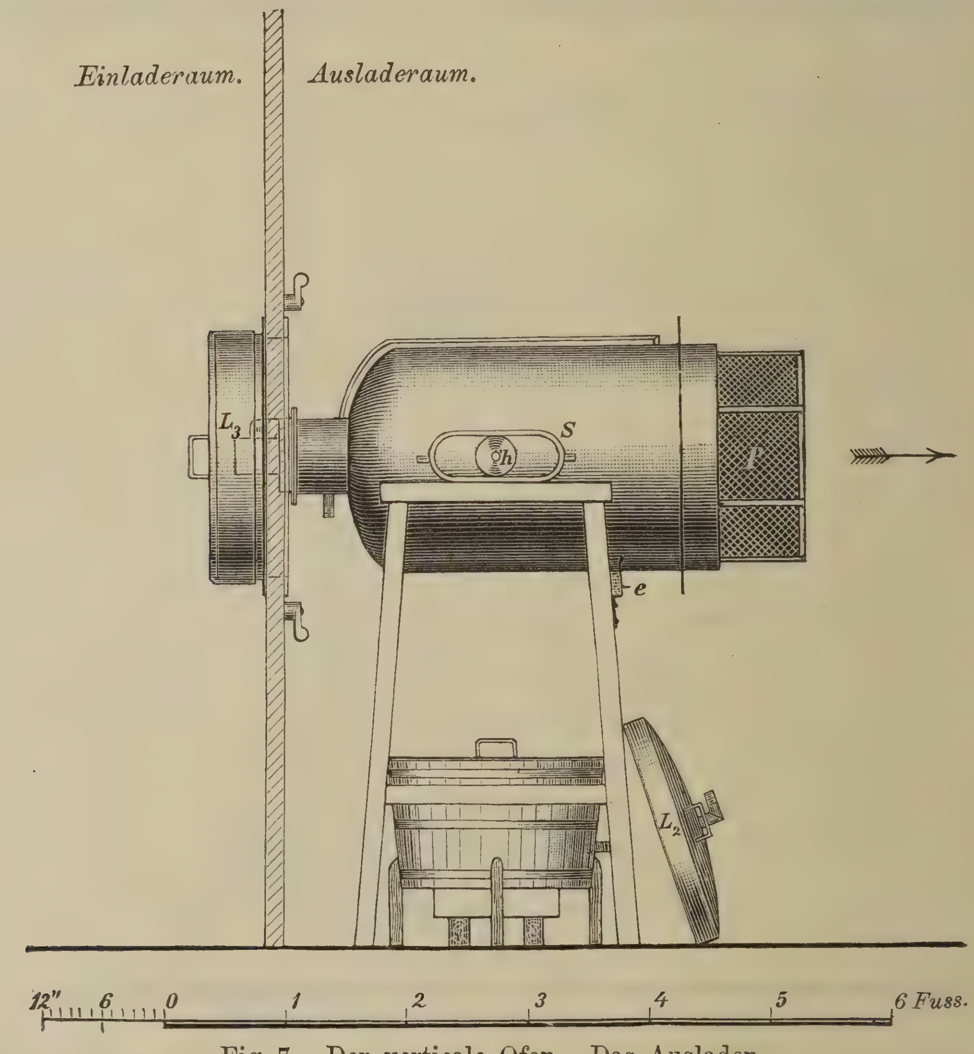


Fig. 7. Der verticale Ofen. Das Ausladen.

wird dann durch das Rohr unten einströmen, von der Steinschicht erwärmt werden, um endlich, nachdem sie den Cylinder passirt hat, oben aus der Wasserverschlusskappe, deren Luftventil *V* durch Entfernung des Gewichts *Q* eröffnet ist, auszuströmen. — 4. Das Ausladen (Fig. 7). Nachdem die Presenning entfernt ist, wird der Cylinder horizontal, mit dem unteren Ende gegen die Mitte des Zimmers gerichtet, gestellt. Der Korb wird ausgenommen und geleert. — Eine neue Desinfectionsprocedur kann nun angefangen werden, indem der Korb eingeschoben wird, der

Deckel L_2 angebracht, die Flange an die Wand in der entgegengesetzten Stellung festgespannt u. s. w.

Dieser einfache und handliche Apparat bietet in der That wesentliche Vorzüge vor den bis jetzt allgemein bekannten verticalen Desinfectionsöfen dar. Während der Dampf bei den letztgedachten Oefen den Cylinder von unten nach oben durchströmt, strömt er in dem hier beschriebenen Apparat oben ein und unten aus, was aus den früher entwickelten Gründen das Entweichen der Luft erleichtert und dadurch die vollständige Erwärmung des Apparates und das Eindringen des Dampfes und der Wärme in die Tiefe der Desinfectionsobjecte beschleunigt. Ferner bietet er den Vorzug vor den bisher bekannten verticalen Desinfectionsöfen dar, dass das Ein- und Ausladen, bezw. der inficirten und desinficirten Objecte in zwei vollständig getrennten Räumen stattfindet; einen Desinfectionsofen, bei dem diese Forderung nicht erfüllt ist, kann man nach meiner Meinung nicht als rationell eingerichtet bezeichnen. Endlich hat dieser Apparat den Vorzug, dass man immer sicher ist mit gesättigtem Dampfe zu arbeiten. — Dieser Ofen kostet mit 4·5 Kubikf. disponiblem Desinfectionsraum 266 Mark, mit 8·3 Kubikf. Desinfectionsraum 333 Mark, der dazu gehörende Trockenapparat kostet 50 Mark, und der eiserne Ring mit Deckel für die Oeffnung in der Scheidewand kostet 16·50 Mark.

Bevor ich zu der detaillirten Mittheilung meiner mit diesen Apparaten ausgeführten Versuche übergehe, werde ich erst wenige Worte von einer Frage, die in dieser Beziehung eine grosse praktische Bedeutung hat, sagen, nämlich wie weit man aus einzelnen bacteriologischen Versuchen, mit bestimmten Apparaten und bestimmten Desinfectionsobjecten vorgenommen, berechtigt ist zu schliessen, dass dieselben Apparate, auf dieselbe Weise benutzt, immer dieselben Resultate geben werden, so dass es also nicht nothwendig ist, die Effectivität jeder einzelnen Desinfectionsprocedur zu controliren. Diese Frage muss nach meiner Meinung mit einem absoluten Nein beantwortet werden. Im Gegentheil glaube ich, dass die Festsetzung der Reglemente für die Desinfection in der Praxis durch einzelne bacteriologische Versuche kann und nothwendiger Weise muss zu schweren Irrungen führen. Ueberall ist es die Regel gewesen, dass die Techniker, wesentlichst auf eigene Hand, Desinfectionsöfen von verschiedener Art construirt haben; diese sind dann einer bacteriologischen Untersuchung unterworfen worden, indem man die Mikroben in und auf Objecten von verschiedener Art und auf verschiedene Weise verpackt angebracht hat und danach untersucht hat, ob sie durch die von dem Constructeur angegebene Behandlung getödtet wurden, oder ob es unter gewissen Umständen nothwendig wäre, die Procedur langwieriger zu

machen. In Uebereinstimmung mit den dadurch gewonnenen Resultaten hat man dann das Reglement für alle Apparate der entsprechenden Type festgesetzt.

Hieraus können leicht bedeutende Irrungen entstehen. Auf der XIII. Versamml. des D. Vereins für öffentl. Gesundheitspflege zu Breslau hob Prof. Wolffhügel hervor, dass es sich bei der Construction von Desinfectionsapparaten ähnlich wie beim Schiffsbau verhält. Man sei beim Schiffsbau nicht gut im Stande, nach einem gegebenen Muster ein Schiff zu bauen, bei dem man bestimmt voraussagen könne, dass es die gleiche Geschwindigkeit wie das Vorbild habe, wenigstens wird eine solche Nachbildung nur in seltenen Fällen gelingen. Es war ihm wiederholt vorgekommen, dass über Apparate, deren Construction anerkannt gut war, geklagt wurde, dass sie nichts taugten, indem nach einer längeren Desinfectionsdauer selbst grösseres Ungeziefer (Flöhe und Läuse) der Dampfeinwirkung nicht erlagen, vielmehr in gewöhnlicher Munterkeit und Fröhlichkeit mit den Desinfectionsobjecten wieder hervorkamen, und doch hatten diese Apparate, nachdem die Desinfectionsdauer durch ein oder zwei Versuche mit Bestimmtheit fixirt war, später immer ihre Schuldigkeit gethan. Jeder Apparat hat also seine Besonderheiten, welche durch besondere, mit ihm vorgenommene Versuche eruirt werden müssen.

Es würde natürlich umständlich und theuer sein, dies in der Praxis durchzuführen, und doch würde man auch auf die Weise keine hinlängliche Sicherheit erreichen. Die Sache ist nämlich die, dass bei den einzelnen Desinfectionsproceduren Verhältnisse eintreffen können und factisch oft eintreffen, welche bewirken, dass die erlangten Wärmegrade in und ausserhalb der Objecte weit niedriger sind, als die bei anderen Versuchen mit demselben Apparat erlangten, bei welchen doch der Dampf auf dieselbe Weise und in derselben Zeit benutzt worden ist. Ich kann bezüglich dessen fast auf jede längere Versuchsreihe, darunter auch auf meine eigene, hinweisen. Der Grund zu diesen Abweichungen ist sehr schwierig aufzufinden, und desto schwieriger, je weniger man bei den Versuchen physische Präcisionsinstrumente anwendet. Sehr oft ist wahrscheinlich die Ursache in der Ungleichartigkeit der Dampfentwickelung zu suchen. Es ist nämlich nicht leicht, diese immer ganz gleichartig zu halten; selbst bei den systematischen Versuchen, bei welchen man die beste und sachkundigste Assistenz hat, und wo man selbst Alles überwachen kann, können solche Unregelmässigkeiten eintreffen, wie viel leichter denn bei der praktischen Ausführung der Desinfection, wo die Uebung geringer ist und die Aufmerksamkeit leichter schlaff wird. Die hieraus entstehenden Irrungen und Zweifelhaftigkeiten lassen sich nicht durch bacteriologische Untersuchungen entfernen, da solche sich in der

Praxis unmöglich mit jeder einzelnen Desinfectionsprocedur combiniren lassen; das würde ja nicht zu überkommen sein, und ausserdem würde es ja unmöglich sein, die Desinfectionsobjecte zu magaziniren, bis es sich gezeigt hätte, ob die Bacterienproben getödtet wären oder nicht.

Ferner muss hervorgehoben werden, dass die Desinfectionsobjecte an vielen Stellen für den Dampf schwieriger permeabel sein können als die bei den bacteriologischen Versuchen angewandten derselben Art. Dies gilt z. B. von den grossen, dicken, festgestopften Federbetten mit den dicken wollenen Ueberzügen, welche man in den Betten der Bauern trifft, und die daher in den Landdistricten häufig desinficirt werden sollen. Würde man auf solchen Objecten die von den bacteriologischen Versuchen mit leichter permeablen Objecten hervorgegangenen Regel anwenden, würde es zu naheliegenden Uebelständen führen können.

Es geht also aus dieser ganzen Darstellung hervor, dass, selbst wenn man die bacteriologischen Untersuchungen in weit grösserer Ausdehnung als bisher anwendet, wird man doch auf diese Weise die Schwierigkeiten nicht überwinden können; die praktische Desinfection in den Dampfapparaten würde bis zu einem gewissen Grade, wie bisher, auf's Ungewisse gemacht werden, und man würde keineswegs immer sicher sein, das beabsichtigte Resultat erreicht zu haben. Es ist selbstverständlich weit von meinem Gedanken entfernt, dass die bacteriologischen Untersuchungen für die Entwickelung der Desinfectionstechnik keine Bedeutung haben sollten. Im Gegentheil ist zu hoffen, dass die Bacteriologie, je nachdem sie nähere Aufklärungen über die pathogenen Bacterien hervorbringt, auch nähere Aufklärungen über die Widerstandsfähigkeit dieser Bacterien gegenüber Dampf von verschiedener Qualität herbeischaffen werde. Durch solche Untersuchungen werden, wenn auch die Resultate der experimentalen und mathematischen Physik auf diesem Gebiete benutzt werden, die Desinfectionslehre und die Desinfectionstechnik werthvollen Bereicherungen entgegensehen können. Aber als Reagens für die Effectivität der einzelnen Desinfectionsproceduren in der Praxis zu dienen, eignet sich der bacteriologische Versuch nicht. Hier muss man das Thermometer brauchen. An und für sich ist dies auch das Rationelle. Von ganz vereinzelten Ausnahmen abgesehen, ist es ja gar nicht die Aufgabe der Desinfection, Milzbrandsporen zu tödten, sondern nur die für deren Destruction nothwendigen Bedingungen, welche nach der Meinung der Bacteriologen über die Grenze der für die Sterilisation anderer in dieser Beziehung in Betracht kommender pathogener Bacterien nothwendigen Bedingungen hinausgehen. Und um den Grad gewisser physikalischer Bedingungen zu bestimmen, ist selbstfolglich das physikalische Präcisionsinstrument ein viel zuverlässigerer Werthmesser als ein

lebendiger Organismus von irgend welcher Art. Die bacteriologische Untersuchung hat also die Aufgabe, den Grad der für eine zuverlässige Desinfection nothwendigen physikalischen Bedingungen zu fixiren, aber um die Anwesenheit dieser Bedingungen bei der einzelnen Desinfectionsprocedur zu controliren, und um die zweckmässigsten Methoden für ihre Herbeischaffung zu eruiren, muss man die physikalischen Präcisionsinstrumente benutzen. Der bacteriologische Versuch eignet sich nicht für die Lösung dieser letztgedachten Aufgabe.

Esmarch[1] hat durch eine interessante Versuchsreihe dargethan, dass die Widerstandsfähigkeit der Milzbrandsporen gegenüber dem strömenden, gesättigten Dampf von 100° sehr verschieden ist im Verhältniss zu ihrer Quelle, Alter, Aufbewahrungsweise u. s. w., so dass die eine Probe eine weit langwierigere Einwirkung vertragen kann als die andere. Die meisten vorliegenden Untersuchungen machen es doch wahrscheinlich, dass die Milzbrandsporen in den meisten Fällen durch eine etwa 5 Minuten dauernde Behandlung mit Dampf von dieser Qualität getödtet werden. Wie gross man aber auch dieses Zeitmaass machen will, und das zu bestimmen ist die Sache der Bacteriologen, ist es einleuchtend, dass man die Effectivität der einzelnen Desinfectionsproceduren viel besser sichern kann, wenn man in jedem Falle ein Contactthermometer braucht, als wenn man das gewöhnliche Verfahren befolgt. Applicirt man in der Praxis bei jeder einzelnen Desinfectionsprocedur ein Contactthermometer an der für den Dampf am schwierigsten zugänglichen Stelle in den Desinfectionsobjecten, wird man sich sichern können, dass Dampf von der nöthigen Temperatur eine hinlängliche Zeit durch die ganze Masse der Objecte wirkt, man kann die Dauer jeder einzelnen Procedur nach dem Signal des elektrischen Klingelapparats abmessen, und auf diese Weise in der Praxis die Desinfection sowohl schneller als billiger und sicherer ausführen, als wenn man das bisher angewandte Verfahren befolgt.

Bei den Versuchen, deren Einzelheiten unten mitgetheilt werden sollen, benutzte ich Dampf, der von einem mit dem beschriebenen „dampfdichten Deckel“ versehenen Waschkessel entwickelt wurde. Sie wurden mit dem horizontalen, eiförmigen und mit dem verticalen Ofen ausgeführt, und ausserdem wurden ein Paar Versuche mit einem verticalen Cylinder angestellt zu dem Zwecke, zu eruiren, ob man mit einem noch einfacheren Apparate, als dem oben beschriebenen, das Ziel erreichen könnte. Dieser Apparat, den ich unten als den „Kupfercylinder“ be-

[1] *Diese Zeitschrift.* Bd. V. Hft. 1.

zeichnen werde, war aus Kupferblech gemacht, inwendig mit Flanell ausgekleidet, unten ein durchlöcherter Boden, der Deckel abzunehmen, in ihm ein grösseres Loch, das mit einem Pfropfen geschlossen wurde, in diesem zwei kleinere Löcher, von denen das eine als Ausströmungsöffnung für den Dampf diente, während in dem anderen ein Thermometer, dessen Scala von aussen abzulesen war und dessen Kugel in den Dampfraum hineinragte, angebracht war. Dieser Cylinder war mit seinem unteren Rande in einer mit Wasser gefüllten Rinne längs der Kante des Wasserbehälters, der von unten durch eine einfache Ofeneinfeuerung geheizt wurde, angebracht.

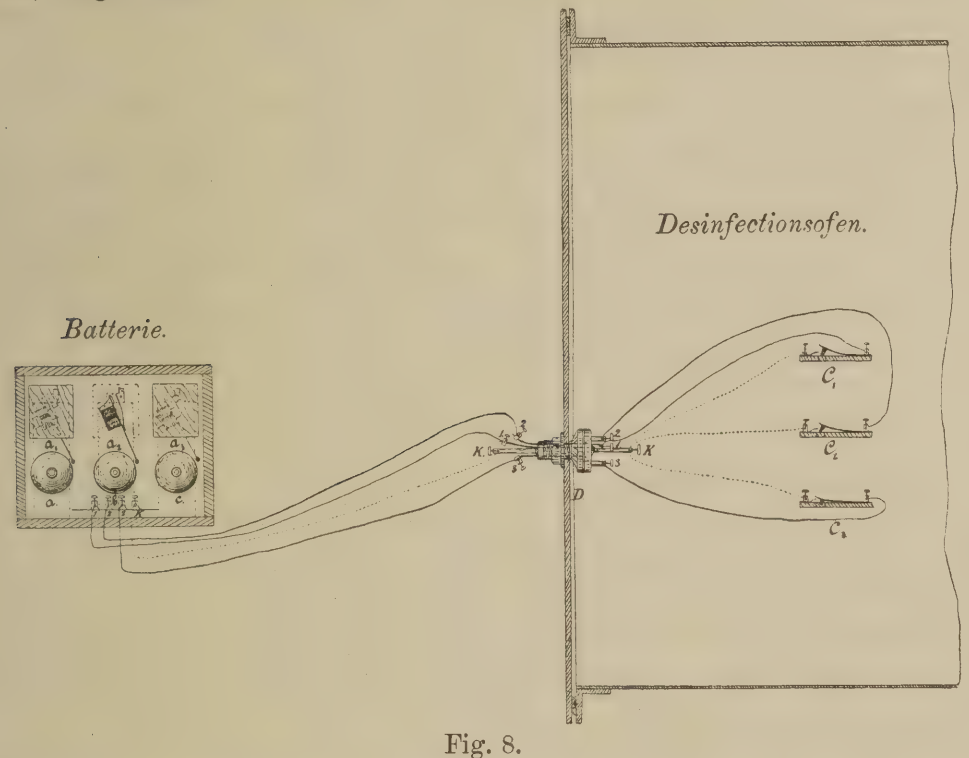


Fig. 8.

Bei den Versuchen mit dem horizontalen und dem verticalen Ofen wurde die Dampfspannung mit Quecksilbermanometern, welche den Druck in $^1/_{10}$ Pfund angaben (1 Atmosphäre = 14 Pfund), bestimmt. Die Maximalthermometer waren die gewöhnlichen, in hölzernen Hüllen angebracht. An dem verticalen Cylinder war das „auswendige“ Thermometer in dem oberen Deckel in der Weise angebracht, dass die Kugel in den Dampfraum hineinragte, während es auf dem horizontalen Apparat auf dem Dampfausströmungsrohre, wie es Fig. 1 zeigt, angebracht war. Ausserdem wurde ein elektrischer Klingelapparat mit 3 Klingeln und 3 Contactthermometern benutzt. Die Einrichtung dieses Apparats wird leicht aus Fig. 8 ersehen. Die Verbindung zwischen den in den Objecten im Desinfectionsraume angebrachten Contactthermometern (C_1, C_2, C_3)

auf der einen Seite und dem Klingelapparat auf der anderen Seite wird durch einen gemeinsamen Drahtverbindungsapparat (*D*), den „elektrischen Pfropfen“, einen in der Wand des Desinfectionscylinders eingeschraubten Metallpfropfen, hergestellt. Inwendig hat der Pfropfen eine für den einen Leitungsdraht von allen 3 Contactthermometern gemeinsame Klemmschraube (*K*) sammt 3 Klemmschrauben (1—2—3) für den zweiten Leitungsdraht der Contactthermometer. Auswendig ähnliche Vorkehrungen für die Verbindung mit dem Klingelapparat. Die Construction des Contactthermometers ist sehr einfach. Es besteht aus einem flachen Schieferstein, der als Isolator dient. Auf ihm werden, wie Fig. 8 zeigt, durch die Klemmschrauben für die Leitungsdrähte 2 Metallfedern festgeschraubt. Unter den langen Federn ist in dem Steine eine Rille, in welche ein bei einer bestimmten Temperatur schmelzender Metallstift, der die Feder emporhebt, eingeschoben wird.[1] (Fig. 8 zeigt alle 3 Contactthermometer in der Weise aptirt.) Sobald der Metallstift schmilzt, schnellt die lange Feder durch ihre eigene Elasticität auf die kurze hinab; der Strom wird geschlossen, und der Klingelapparat läutet. An der Stelle, wo die kurze und die lange Feder einander berühren, sind Platincontacte angebracht. Der Klingelapparat ist mit einem Stromunterbrecher versehen. Zur Desinfection in der Praxis braucht man nur einen Apparat mit einem Contactthermometer und einer Klingel. Ueber dessen Anbringung, Benutzung u. s. w. werde ich unten sprechen.

Bei allen Versuchen wurde ein gleichartiges Object, eine Wolldeckenrolle, aus zwei über einander aufgerollten Wolldecken bestehend, benutzt: die eine Wolldecke wurde doppelt zusammengefaltet über ein Maximalthermometer und ein Contactthermometer aufgerollt. Diese Rolle wurde auf die zweite, doppelt zusammengelegte Wolldecke, die über der Rolle zusammengeschlagen wurde, gelegt, die Decke fest aufgerollt und das ganze Packet mit Bindfaden fest zusammengeschnürt. Obschon eine solche Wolldeckenrolle eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen das Eindringen des Dampfes und der Wärme als die meisten, in der Praxis vorkommenden Desinfectionsobjecte hat, wünschte ich doch mit einem noch schwieriger permeablen Object Versuche anzustellen, und ich wählte dazu ein dickes, fest gestopftes Federkissen, in welches das Contactthermometer

---

[1] Bei der Justirung wurde eine Probe von den Metallstiften mit angegebenem Schmelzpunkt von 103° auch bei dieser Temperatur zu schmelzen gefunden, während eine Probe von denen, deren angegebener und früher justirter Schmelzpunkt 100° war, schon bei 99° schmolz. Um solchen Abweichungen zu entgehen, muss man die Legirungen sehr sorgfältig bereiten, und nöthigenfalls kann man, wie ich es gethan, die Resultate durch die gleichzeitige Anwendung eines zuverlässig justirten Quecksilbercontactthermometers controliren.

eingeschoben wurde; das Kissen wurde doppelt zusammengelegt, in eine ebenfalls doppelt zusammengelegte Wolldecke eingerollt und das Packet endlich mit Bindfaden fest zusammengeschnürt.

Versuche mit dem horizontalen eiförmigen Ofen.

Versuch I.

Das Gewicht der Wolldecken vor der Desinfection	4·715 Pfund
„ „ „ „ nach „ „	4·845 „
Auswendiges Thermometer 10 Uhr 57 M. . . .	100° C.
„ „ 11 „	101° C.
Maximalthermometer frei im Dampfraume . . .	104·3° C.
„ in der Teppichrolle . . .	101·1° C.
Die Dampfzuleitung angefangen	10 Uhr $50^1/_4$ M.
Das elektr. Thermom. in d. Teppichrolle giebt Signal	11 „ $2^3/_4$ „
Die Dampfzuleitung unterbrochen	11 „ $12^3/_4$ „
Der Ueberdruck in dem Dampf-Zuleitungsrohr .	0·38 Pfund
„ „ „ „ „ Ableitungsrohr .	0·10 „

Versuch II.

Das Gewicht der Wolldecken vor der Desinfection	4·595 Pfund
„ „ „ „ nach „ „	4·725 „
Das Gew. des Kissens u. der Decke vor der Desinfection	12·015 „
„ „ „ „ „ „ „ nach „ „	12·365 „
Das Maximalthermometer in der Teppichrolle . .	104·7° C.
Das auswendige Thermometer 12 Uhr $53^1/_4$ M. .	100° C.
„ „ „ 12 „ 55 „ .	101·4° C.
Der Ueberdruck in dem Dampf-Zuleitungsrohr .	0·40 Pfund
„ „ „ „ „ Ableitungsrohr .	0·10 „
Die Dampfzuleitung angefangen	12 Uhr $39^1/_2$ M.
Das Contactthermometer in dem Kissen giebt Signal	1 „ 10 „
Die Dampfzuleitung unterbrochen	1 „ 22 „
Das Trocknen beendigt	1 „ 40 „

Versuch III.

Das Gewicht der Wolldecken vor der Desinfection	5·055 Pfund
„ „ „ „ nach „ „	5·315 „
Das Gew. des Kissens u. der Decke vor der Desinfection	12·265 „
„ „ „ „ „ „ „ nach „ „	12·735 „

Das Maximalthermometer in der Teppichrolle . .	105^{0} C.
Die Dampfzuleitung angefangen	2 Uhr 11 M.
Das auswendige Thermometer 100^{0} C.	2 „ 20 „
Das Contactthermometer in dem Kissen giebt Signal	2 „ 36 „
Die Dampfzuleitung unterbrochen	2 „ 43 „

Versuch IV.

Das Gewicht der Wolldecken vor der Desinfection	4·665 Pfund
„ „ „ „ nach „ „	4·905 „
Das Gew. des Kissens u. der Decke vor der Desinfection	12·445 „
„ „ „ „ „ „ „ nach „ „	12·965 „
Das Maximalthermometer in der Teppichrolle . .	$104 \cdot 1^{0}$ C.
Die Dampfzuleitung angefangen	3 Uhr 6 M.
Das auswendige Thermometer 100^{0} C.	3 „ $17^{1}/_{2}$ „
Das Contacttherm. in der Teppichrolle giebt Signal	3 „ $18^{1}/_{2}$ „
„ „ „ dem Kissen „ „	3 „ $27^{1}/_{2}$ „
Die Dampfzuleitung abgebrochen	3 „ 31 „

Versuch V.

(Der Dampfdruck durch einen in das Dampfableitungsrohr eingesetzten Hahn verstärkt.)

Das Gewicht der Wolldecken vor der Desinfection	4·965 Pfund
„ „ „ „ nach „ „	5·185 „
Das Maximalthermometer frei oben im Ofen . .	$104 \cdot 5^{0}$ C.
„ „ „ unten „ „ . .	$105 \cdot 4^{0}$ C.
„ „ in der Teppichrolle . .	$103 \cdot 5^{0}$ C.
Das auswendige Thermometer 4 Uhr 35 M. . .	100^{0} C.
„ „ „ 4 „ 36 „ . .	101^{0} C.
„ „ „ 4 „ 40 „ . .	102^{0} C.
„ „ „ 4 „ 46 „ . .	$102 \cdot 8^{0}$ C.
„ „ „ 4 „ 50 „ . .	$103 \cdot 3^{0}$ C.
Die Dampfzuleitung angefangen	4 Uhr 12 M.
Das Contacttherm. in der Teppichrolle giebt Signal	4 „ 39 „
„ „ „ dem Kissen „ „	4 „ $42^{1}/_{2}$ „
„ „ frei oben im Ofen angebracht (auf 103^{0} C. eingestellt)	4 „ $16^{1}/_{2}$ „
Die Dampfzuleitung unterbrochen	4 „ 55 „

Der Ueberdruck des Dampfes in dem Zuleitungsrohr	in dem Ableitungsrohr	
0·65 Pfund	0·30 Pfund	4 Uhr 36 M.
0.80 „	0·60 „	4 „ 37 „
1·00 „	0·90 „	4 „ 39 „
1.20 „	1·00 „	4 „ 45 „
1·40 „	1·20 „	4 „ 48 „
1·50 „	1·40 „	4 „ 50 „
1·70 „	1·60 „	4 „ 53 „

Versuche mit dem verticalen Ofen.

Versuch VI.

Das Gewicht der Wolldecken vor der Desinfection	4·715 Pfund
„ „ „ „ nach „ „	4·965 „
Der Ueberdruck des Dampfes	ca. 0·02 „
Die Dampfzuleitung angefangen	10 Uhr — M.
Das auswendige Thermometer 100° C.	10 „ 2 „
„ „ „ 101° C.	10 „ 3 „
Das Contacttherm. in der Teppichrolle giebt Signal	10 „ 10$^3/_4$ „
Die Dampfzuleitung unterbrochen	10 „ 20$^3/_4$ „

Versuch VII.

Das Gewicht der Wolldecken vor der Desinfection	5·195 Pfund
„ „ „ „ nach „ „	5·315 „
Das Maximalthermometer frei im Ofen	100·3° C.
„ „ in der Teppichrolle . .	100·5° C.
Der Ueberdruck des Dampfes	ca. 0·02 Pfund
Die Dampfzuleitung angefangen	12 Uhr 5 M.
Das auswendige Thermometer 100° C.	12 „ 6 „
„ „ „ 101° C.	12 „ 7 „
Das Contacttherm. in der Teppichrolle giebt Signal	12 „ 18 „
Die Dampfzuleitung beendigt	12 „ 28 „
Das Trocknen beendigt	12 „ 44 „

Versuch VIII.

(Der Dampf aus einer concentrirten Kochsalzlösung entwickelt.)

Das Gewicht der Wolldecken vor der Desinfection	4·645 Pfund
„ „ „ „ nach „ „	4·895 „
Das Maximalthermometer in der Teppichrolle . .	101·2° C.

Die Temperatur der kochenden Salzlösung . . .	109·1° C.
Der Ueberdruck des Dampfes	ca. 0·02 Pfund
Die Dampfzuleitung angefangen	1 Uhr 32½ M.
Das auswendige Thermometer 100° C.	1 „ 34¼ „
„ „ „ 101° C.	1 „ 35 „
Das Contacttherm. in der Teppichrolle giebt Signal	1 „ 44½ „
Die Dampfzuleitung beendigt	1 „ 55 „

Versuche mit dem „Kupfercylinder“.

Versuch IX.

Das Gewicht der Wolldecken vor der Desinfection	4·825 Pfund
„ „ „ „ nach „ „	5·215 „
Das Maximalthermometer in der Teppichrolle . .	100·2° C.
Der Cylinder auf dem Dampfentwickeler angebracht	9 Uhr 23 M.
Das auswendige Thermometer 99°	9 „ 42 „
„ „ „ 100°	9 „ 50 „
Das Contacttherm. in der Teppichrolle giebt Signal	9 „ 57 „
Der Cylinder von dem Dampfentwickeler entfernt	10 „ 6 „

Versuch X.

(Der Dampf aus einer kochenden Kochsalzlösung entwickelt.)

Das Gewicht der Wolldecken vor der Desinfection	4·845 Pfund
„ „ „ „ nach „ „	5·335 „
Die Temperatur der kochenden Salzlösung . . .	109·1° C.
Das Maximalthermometer in der Teppichrolle . .	101·5° C.
Der Cylinder auf dem Dampfentwickeler angebracht	1 Uhr 39 M.
Das auswendige Thermometer 86° C.	1 „ 44 „
„ „ „ 100° C.	1 „ 57 „
„ „ „ 100·5° C. . . .	2 „ — „
„ „ „ 101° C.	2 „ 5 „
„ „ „ 101·2° C. . . .	2 „ 14 „
Das Contacttherm. in der Teppichrolle giebt Signal	1 „ 44 „
Der Cylinder von dem Dampfentwickeler entfernt	2 „ 14 „

Was bei der Betrachtung dieser Versuchsresultate zuerst in die Augen fällt, sind die auffallend hohen Temperaturgrade, die erreicht sind. Obschon die benutzten Apparate alle mit strömendem, gesättigtem Dampfe ohne, oder doch ohne wesentlichen Ueberdruck, also mit einer Temperatur von ca. 100° C. arbeiteten, indicirten doch die Maximalthermometer nicht nur im Desinfectionsraume, sondern auch in der Mitte der Teppichrolle

Temperaturgrade bis auf 105° C. Dieses Verhältniss, welches auch früher bei anderen, mit ähnlichen Apparaten ausgeführten Versuchen beobachtet ist, hat man auf verschiedene Weise erklären wollen; theils nämlich durch die von Pouillet[1] erwähnte „Wärmeentwickelung durch Befeuchtung“, theils durch eine supponirte (nicht gemessene), trotz der Construction entstandene Steigerung des Dampfdruckes und eine damit folgende Steigerung der Temperatur des Dampfs. Diese Frage lässt sich nun durch meine Versuche bestimmt beantworten. — Die erstgenannte Hypothese giebt ja keine Erklärung, nur eine Umschreibung des Factums, und insoweit hierdurch eine Befeuchtung durch Imbibition gemeint ist, wird sie das Phänomen in dessen ganzer Ausdehnung nicht umfassen, indem die hohen Temperaturgrade nicht nur durch die Maximalthermometer in den Teppichrollen, sondern auch durch die frei im Dampfraume aufgehängten, ja sogar (Versuch V) durch ein ganz und gar aus Stein und Metall bestehendes und frei im Dampfraume angebrachtes Contactthermometer constatirt wurden.

Die Hypothese, dass das Phänomen durch eine Steigerung des Dampfdruckes zu erklären sei, wird durch meine Versuche vollständig unhaltbar. In den Versuchen I, II und III z. B., wo die erreichten Temperaturgrade 104·3°, 104·7° und 105° C. waren, müsste man, wenn die Temperaturgrade von der Spannung des Dampfes bedingt sein sollten, einen Ueberdruck von ca. $^1/_5$ Atmosphäre gehabt haben, während der Ueberdruck, wie es aus den Versuchsreferaten ersehen wird, in den betreffenden Fällen factisch kleiner als $^1/_{35}$ Atmosphäre gewesen ist.

Die hohen Temperaturgrade lassen sich also gar nicht durch die Spannung des Dampfes erklären; in der That bleibt nur ein Moment für die Erklärung übrig, nämlich die Condensation. Indem das Wasser in Dampfform übergeht, nimmt es eine gewisse Wärmemenge (die latente Wärme) auf, welche es bei der Condensation an die Umgebung abgiebt. 1 ^{grm} Wasserdampf von 100° enthält ca. 550 Wärmeeinheiten, und durch das Freimachen der latenten Wärme wird der Dampf also eine starke Erwärmung bedingen können. Ich muss diesbezüglich in Erinnerung bringen, dass, wenn man in einem Kolben Wasser kocht und den Dampf in einen mit kaltem Wasser halb gefüllten Cylinder hinüberleitet, wird dieses leicht zum Kochen gebracht; um das kalte Wasser bis auf 100° C. zu erwärmen, muss das Condensationswasser also eine höhere Temperatur gehabt haben. Noch deutlicher lässt dieses sich demonstriren, wenn man statt reinen Wassers eine concentrirte Salzlösung, die erst bei 109° C. kocht, in den Cylinder thut; auch diese kann auf die beschrie-

[1] *Annales de Chimie II.* t. XX. p. 141.

bene Weise zum Kochen gebracht werden, indem die Affinität des Salzes zum Wasser, auch nachdem die 100° C. erreicht sind, eine fortgesetzte Condensation bedingt, so dass also hier Dampf von 100° C. in der That die Lösung bis 109° C. erwärmt.

Versuchs-Nummer	Das Gewicht der Wolldecken vor der Dampfbehandlung in Pfund angegeben.	Das Gewicht der Wolldecken nach der Dampfbehandlung in Pfund angegeben.	Die Gewichtsvermehrung in Pfund angegeben.	Die procentige Gewichtsvermehrung	Die in der Mitte der Teppichrolle erreichte Temperatur	Trocknen in Anzahl von Minuten
I	4·715	4·845	0·13	2·8	101·1	
II	4·595	4·725	0·13	2·8	104·7	18
III	5·055	5·315	0·26	5·1	105·0	
IV	4·665	4·905	0·24	5·1	104·1	
V	4·965	5·185	0·22	4·4	103·5	
VI	4·715	4·965	0·25	5·3		
VII	5·195	5·315	0·12	2·3	100·5	16
VIII	4·645	4·895	0·25	5·4	101·2	
IX	4·825	5·215	0·39	8·1	100·2	
X	4·845	5·335	0·49	10·1	101·5	

Dass die Condensation in Betreff des Erwärmens des Inneren der Desinfectionsobjecte eine sehr wesentliche Rolle spielt, wird auch aus der vorstehenden Vergleichung zwischen der Feuchtigkeitsmenge, welche die Wolldecken während der Dampfbehandlung aufnahmen, und der im Inneren der Teppichrollen erreichten Temperatur hervorgehen.

Will man nun die obenstehende Tabelle zu einer solchen Vergleichung benutzen, so muss man selbstverständlich die Versuche, bei welchen Trocknen vorgenommen ist, ausschalten, weil beim Trocknen ja ein Theil der aufgenommenen Feuchtigkeit wieder verdampft, und ferner können nur die mit demselben Apparat ausgeführten Versuche unter einander verglichen werden. Von den 5 mit dem horizontalen Ofen ausgeführten Versuchen geht also Versuch II aus; übrig bleiben Versuche I, V, IV und III mit einer procentigen Gewichtsvermehrung von resp. 2·8—4·4—5·1—5·1 und einer Temperatur im Inneren der Teppichrolle von resp. 101·1—103·5—104·1—105·0°. Also: je grössere Menge Condensationswasser, desto höher die Temperatur im Inneren der Teppichrolle. Die Versuche mit dem verticalen Ofen können hier nicht gebraucht werden, weil bei dem einen eine Trockenprocedur ausgeführt wurde, während bei dem anderen ein Unfall die correcte Bestimmung der Temperatur im Inneren der Teppichrolle hinderte. Dagegen tritt das

Verhältniss bei den zwei Versuchen mit dem Kupfercylinder sehr deutlich hervor; in dem einen war die Gewichtsvermehrung 8·1 Procent, die Temperatur in der Teppichrolle 100·2°, in dem anderen waren die entsprechenden Zahlen 10·1 Proc. und 101·5°. Ich bemerke, dass die Teppichrollen bei allen Versuchen selbstverständlich gegen das Herabtröpfeln des Condensationswassers geschützt waren.

Ich hoffe so mit hinlänglicher Evidenz dargethan zu haben, dass wir in der Dampfcondensation ein mächtiges Mittel haben, die Erwärmung sowohl des Desinfectionsraumes, als des Inneren der Objecte zu befördern. Dadurch können wir bei zweckmässiger Benutzung der beschriebenen Apparate Temperaturgrade über 100° entwickeln und so die Desinfectionswirkung sichern und beschleunigen. Hiermit ist also vom physikalischen Standpunkte der Beweis geliefert, wie ihn Esmarch[1] schon von dem bacteriologischen Standpunkte geliefert hat, dass jede Ueberhitzung des Dampfes, durch welche ja die Condensation verringert wird, in der Desinfectionstechnik irrationell ist.

Meine Versuche VIII und X wurden zu dem Zwecke, zu untersuchen, welche Bedeutung die Anwendung von Dampf aus einer concentrirten Kochsalzlösung haben könne, ausgeführt. Wie bekannt, haben Salzlösungen einen höheren Kochpunkt als reines Wasser, und nach Magnus' Untersuchungen haben die Dämpfe dieselbe Temperatur, wie die kochende Lösung. Es lag nahe anzunehmen und ist auch theilweise durch Koch's Versuche dargethan, dass man bessere und schnellere Resultate erreichen könne, wenn man diese wärmeren Dämpfe in den Desinfectionsapparaten benutzte. Die Methode ist besonders von Dobroslavine[2] empfohlen worden; wenn aber dieser Verfasser nach 2 bis $3^1/_2$ Stunden Behandlung mit solchen Dämpfen Temperaturgrade von 100·5° bis 104·0° im Inneren der Objecte erreicht hat, muss ich accentuiren, dass ich, wie aus den obenstehenden Versuchsresultaten hervorgeht, mit ungespanntem Dampf aus gewöhnlichem Wasser, also mit einer Temperatur von ca. 100° schon in $10^3/_4$ bis 13 Minuten noch höhere Wärmegrade (bis 105°) erreicht habe. Hier sind also mehr vergleichbare Versuche nöthig. Meine Versuche über dieses Verhältniss wurden theils mit dem verticalen Ofen (VIII), theils mit dem Kupfercylinder (X) angestellt, und ich benutzte dazu eine concentrirte Kochsalzlösung, welche nach Legrand's Tabellen 41.2 Proc. Kochsalz enthält und bei 108·4°C. kocht.[3]

---

[1] *Diese Zeitschrift.* Bd. IV. Hft. 3.

[2] *Revue d'hygiène.* t. VIII. p. 487. — *Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege.* Bd. XIX. (Supplem.) S. 141.

[3] Wenn ich die Temperatur der kochenden Salzlösung zu 109·1° bestimmt habe muss ich gleichzeitig bemerken, dass der Barometerdruck am Versuchstage 774 mm war.

Da die gesättigten Dämpfe von einer solchen Lösung eine im Verhältniss zu ihrer hohen Temperatur relativ niedrige Spannung haben, muss man annehmen, dass ihre grössere Wärme sich schwieriger geltend macht, wenn sie durch eine längere Dampfleitung geleitet werden. Diese Vermuthung scheint auch durch den Versuch VIII, bei welchem eine 16 Fuss lange Dampfleitung benutzt wurde, gestützt zu werden. Vergleichen wir indessen Versuch VII und VIII, bei welchen beiden Versuchen die Dämpfe ohne Vorwärmen des Ofens eingeleitet wurden, scheint sich der höhere Wärmegrad der Dämpfe doch im Versuch VIII, wenn auch schwach, geltend gemacht zu haben. Während in VII, wo Dampf aus gewöhnlichem Wasser benutzt wurde, die Temperatur in der Mitte der Teppichrolle in 13 Minuten bis auf 100° und in 23 Minuten bis auf 100·5° gelangte, war in VIII die Temperatur in der Mitte der Rolle schon in 12 Minuten bis auf 100° und in $23^1/_2$ Minuten bis auf 101·5° gelangt; der Dampfdruck war bei beiden Versuchen ungefähr derselbe. Deutlicher wird die Wirkung des wärmeren, gesättigten Dampfes aus der Salzlösung ersehen, wenn man Versuche IX und X vergleicht. In dem erstgenannten brauchten die Dämpfe von gewöhnlichem Wasser 34 Minuten, um die Temperatur in der Mitte der Teppichrolle auf 100° zu bringen, während in X die Dämpfe von der Salzlösung dies in 5 Minuten besorgten; in IX stieg die Temperatur im Inneren der Rolle bis 100.2° und im oberen Theil des Cylinders bis 100°, in X waren die entsprechenden Temperaturgrade bezw. 101·5° und 101·2°. Die schnell eintretende Abkühlung der Dämpfe zeigte sich auch sehr charakteristisch in X, indem die Temperatur in der Mitte der Teppichrolle zu der Zeit, als die Temperatur im oberen Theile des Cylinders nur 86° war, schon bis auf 100° gelangt war.

Diese Versuchsresultate deuten also an, dass man, jedenfalls in einem unmittelbar auf dem Verdampfungskessel angebrachten Verticalcylinder, grössere und schnellere Resultate werde erlangen können, wenn man die gesättigten Dämpfe aus einer Salzlösung brauchte, als wenn man die Dämpfe von 100° aus gewöhnlichem Wasser brauchte. Es möchte also hier Veranlassung sein, diese Versuche mit verschiedenartigen Objecten und verschiedener Packung fortzusetzen und auszudehnen, und möglicher Weise wird man dadurch gute praktische Resultate erreichen können. Die Methode ist leicht anzuwenden und sehr billig, indem man dieselbe Portion Kochsalz immer und immer anwenden kann. Wenn aber Jemand meine Versuche fortsetzen will, werde ich anrathen, einen anderen Apparat als den von mir benutzten zu gebrauchen. Der Deckel und der Cylinder sollen nach meiner Meinung aus einem Stück gemacht oder doch fest verbunden, der Boden des Cylinders dagegen offen sein. Die Objecte sollen durch Gurte, welche zusammengespannt werden können,

und möglicher Weise durch ein über die Oeffnung des Bodens ausgespanntes Tuch in ihrer Lage gesichert werden. Der Cylinder soll auswendig eine gute Wärmeisolation und inwendig eine Filzauskleidung haben. Von einem kurzen Rohr in dem Deckel leitet eine Schlange den Dampf zu einem gut ziehenden Schornstein. Die Ausströmung des Dampfes regulirt man durch einen Hahn, und sie braucht nur gering zu sein, namentlich wenn man sich durch eine einfache Einrichtung dagegen sichert, dass der Dampfdruck im Cylinder zu stark wird.

Uebrigens muss wohl daran erinnert werden, dass die gesättigten Dämpfe der Salzlösungen bei derselben Temperatur eine niedrigere Spannung, als die Dämpfe aus gewöhnlichem Wasser haben. Dass dies so sein muss, ist schon aus dem höheren Kochpunkt einleuchtend, denn wenn die Lösung bei einem Druck von 1 Atmosphäre eine höhere Temperatur als 100^0 haben muss, um kochen zu können, muss ja der Dampf bei 100^0 eine niedrigere Spannung als 760^{mm} haben. Dieses Verhältniss hat Wüllner[1] einer eingehenden Untersuchung unterworfen. Er hat gefunden, dass der Zusatz von 10 Procent Kochsalz die Spannung des Dampfes um $^6/_{100}$ verringert (Dampf aus reinem Wasser hat bei $51 \cdot 8^0$ eine Spannung von 100^{mm}, Dampf aus einer 10 proc. Kochsalzlösung eine Spannung von 94^{mm} u. s. w.) Ueberhaupt gilt für die Salzlösungen folgende Regel: Wird die Verringerung der Spannung, welche bei einer bestimmten Temperatur 1 Theil Salz in 100 Theilen Wasser bedingt, $= a$ gesetzt, so wird bei derselben Temperatur die Lösung von p Theilen Salz in 100 Theilen Wasser eine Verringerung der Spannkraft $= p\,a$ geben. Bei einigen Salzen, z. B. Kochsalz, Glaubersalz u. s. w., wächst die Verringerung der Spannkraft nach demselben Verhältnisse, nach welchem die Spannung des Dampfes aus reinem Wasser wächst, so dass also die Verringerung bei allen Temperaturen derselbe Bruchtheil der Spannung des aus dem reinen Wasser entwickelten Dampfes ist. Wird so die Verringerung der Spannkraft $= v$, die Spannkraft $= S$ gesetzt, dann bekommt man für diese Salze:

$$v = a \,.\, S.$$

Für eine 10procentige Kochsalzlösung bekommt man also:

$$v = 0 \cdot 06 \,.\, S.$$

Für $S = 100$ wird $v = 6$, für $S = 400$ wird $v = 24$ u. s. w.

Durch meine mit dem Herscher'schen Apparat ausgeführten Versuche[2] habe ich bewiesen, dass man unter sonst gleichartigen Bedingungen durch eine wesentliche Vermehrung der Spannung des Dampfes das

---

[1] A. Wüllner, *Lehrbuch der Experimentalphysik.* Bd. III.

[2] A. a. O.

Eindringen des Dampfes und der Wärme in die Desinfectionsobjecte beschleunigen kann. Bei der vorliegenden Untersuchung musste die Frage nahe liegen, inwieweit man bei den Spannungsgraden, die bei den hier erwähnten Apparaten überhaupt in Anwendung gebracht werden konnten, etwas in dieser Beziehung erreichen könnte. Um diese Frage aufzuklären, geschah es, dass ich den Versuch V, bei welchem die Dampfspannung durch theilweises Zuschrauben eines in dem Dampfableitungsrohr angebrachten Hahnes vermehrt wurde, anstellte. Das Resultat wird leicht aus den in dem obenstehenden Versuchsreferat angeführten Zahlen ersehen, wobei ich doch bemerken muss, dass der Ofen ganz kalt war, als die Dampfzuleitung begann. Obschon der Ueberdruck hier bis auf 1·7 Pfd. (also ca. $^1/_8$ Atmosphäre) — welcher Druck im Stande war, die eisernen Platten des Ofens stark auszubiegen — waren die Resultate doch denen nicht wesentlich überlegen, welche in den ohne bedeutende Spannung des Dampfes ausgeführten Versuchen erreicht wurden. Freilich stieg die Temperatur im oberen Theile des Ofens bis auf 104·5°, in dem unteren bis auf 105·4° und das auswendige Thermometer indicirte 103·3° gegen 101·3° in den anderen Versuchen, aber die Temperatur in der Mitte der Teppichrolle stieg nur auf 103·5° gegen 104·1°, 104·7° und 105° in den Versuchen IV, II und III, und sie brauchte längere Zeit, um auf 100° zu steigen, als in allen 4 Versuchen, mit welchen dieser zu vergleichen ist. Es scheint also hieraus hervorzugehen, dass die Spannungsgrade, welche sich bei den hier erwähnten Apparaten in Anwendung bringen lassen, keinen Einfluss haben, der sich neben dem hervortretenden Einfluss der Condensation stark geltend machen könne. Es würde selbstverständlich interessant und in praktischer Beziehung nützlich sein, näher zu untersuchen, wie gross der Ueberdruck sein muss, um seinen Einfluss neben der Condensation deutlich hervortreten zu lassen, aber zur Entscheidung dieser Frage sind mehr vergleichende Versuche, als es mir diesmal möglich gewesen ist auszuführen, nöthig.

Ein Blick auf die in den Versuchsberichten gegebenen Zahlen enthüllt gleich, dass sowohl der horizontale als der verticale Ofen sehr befriedigende Resultate gab. In einer Zeit, welche in allen Fällen mit Ausnahme von einem zwischen $10^3/_4$ und 13 Minuten nach dem Anfang der Dampfzuleitung variirte, war in der Mitte der Teppichrolle, welche doch eine verhältnissmässig grosse Widerstandsfähigkeit gegen das Eindringen des Dampfes und der Wärme darbietet, eine Temperatur von 100° erreicht. Selbst wenn ein dickes, festgestopftes Federkissen, zusammengelegt und in einer doppelt zusammengelegten wollenen Decke fest eingerollt, das Ganze mit Bindfaden eingeschnürt — ein Object, das viel

grössere Widerstandsfähigkeit gegen das Eindringen des Dampfes als die meisten in der Praxis vorkommenden Desinfectionsobjecte darbietet — angewandt wurde, war in einer Zeit von $21^1/_2$ bis $30^1/_2$ Minuten nach dem Anfang der Dampfzuleitung die Temperatur in der Mitte eines solchen Bündels bis auf 100^0 gestiegen.

Wie schnell die Wärme bei stärkerer Packung des Ofens durchdringt, muss erst noch durch weitere Versuche bestimmt werden. Ich habe solche nicht anstellen wollen, weil die Resultate doch keine allgemeine Gültigkeit haben könnten. Die Resultate werden in der That an jeder einzelnen Stelle verschieden ausfallen, nicht nur im Verhältniss zu den Eigenthümlichkeiten des vorliegenden Apparates, sondern auch im Verhältniss zu der Weise, auf welche er bedient und benutzt wird, zu der Packung, der Qualität der Desinfectionsobjecte u. s. w. Nach meiner Meinung muss man auch die bisher befolgte Methode, für jede einzelne Gruppe der Desinfectionsöfen ein bestimmtes Reglement für die Dauer der Desinfectionsprocedur zu haben, ganz aufgeben. Wie ich früher entwickelt habe, ist die Dauer der Procedur in diesen Reglementen nach einzelnen Versuchen mit einzelnen Apparaten festgesetzt, und die dadurch gewonnenen Resultate können ja keine allgemeine Gültigkeit haben. Bald wird die festgesetzte Dauer der Procedur zu gross sein, so dass sowohl Zeit als Arbeit und Feuerung verloren geht, bald wird sie eventuell zu kurz sein können, um die nöthige Erwärmung des Inneren der Objecte geben zu können, und bald endlich werden Unregelmässigkeiten in der Dampfzuströmung eintreten können, welche durch das bisher befolgte Verfahren nicht constatirt werden können, die aber die Desinfection unvollständig machen und dadurch wesentliche Gefahr für Ansteckung durch die vermutheten ansteckungsfreien Objecte bedingen können. Um diesen Uebelständen zu entgehen, um die Desinfection leichter, schneller, billiger und vor allem zuverlässiger zu machen, soll man sich eine hinlänglich dauerhafte Einwirkung einer hinlänglich hohen Wärme im Inneren der Objecte sichern, indem man in jedem einzelnen Falle das Contactthermometer anwendet und die Dauer der Procedur, nicht wie früher nach einem vorausgegebenen Programm, sondern nach dem Signal des Klingelapparates festsetzt.

Hierzu benutzt man entweder ein Quecksilbercontactthermometer oder das oben beschriebene Contactthermometer mit elektrischem Klingelapparat, der zum praktischen Gebrauch nur eine Glocke zu haben braucht, während der Schmelzpunkt des Metallstäbchens, das in das Contactthermometer eingeschoben wird, 100^0 sein soll. Da der Klingelapparat natürlich in dem Ausladeraum, wo auch der Dampfentwickeler sich befindet, sein muss, wird der elektrische Pfropfen (der die Verbindung zwischen den

Leitungsdrähten, bezw. von dem Contactthermometer und dem Klingelapparat bildet) auf dem horizontalen Ofen in der in den Ausladeraum führende Thür oder in den nächsten Theil der Wand des Ofens (vergl. Fig. 9) und auf dem verticalen Ofen in den oberen Theil der Wand eingeschraubt. Nachdem die Bedienung in dem Ausladeraum den Ofen geleert hat, lässt man das Contactthermometer stetig in Verbindung mit dem „elektrischen Propfen" bezw. in dem Schlitten oder dem Korb liegen, und indem dieser von dem Einladeraum aus gefüllt wird, wird von dessen Bedienung das Contactthermometer an der für die Wärme am schwierigsten zugänglichen Stelle in der Packung angebracht. Ist es z. B. ein Federbett oder ein Federkissen, wird es um das Contactthermometer zusammengerollt; ist es eine Matratze oder dergleichen, wird eine Naht aufgemacht und das Thermometer tief hineingesteckt; sind es Decken oder Kleidungsstücke, werden einige von ihnen um das Thermometer aufgerollt; ist man endlich zweifelhaft, wo man es anbringen soll, kann man es in einer besonderen, von wollenen Stoffen gebildeten Hülle einschliessen, indem man sich erst sichert, dass diese für den Dampf schwieriger permeabel ist, als die Desinfectionsobjecte. Die Hülle mit dem eingeschlossenen Thermometer soll jedenfalls im unteren Theile des Ofens angebracht werden, weil die Wärme hier zuletzt durchdringt. Der Ofen wird geschlossen, die Bedienung in dem Ausladeraum passt die Dauer der Desinfectionsprocedur nach dem Klingelsignal ab, nimmt nach beendigter Desinfection das Contactthermometer heraus u. s. w.

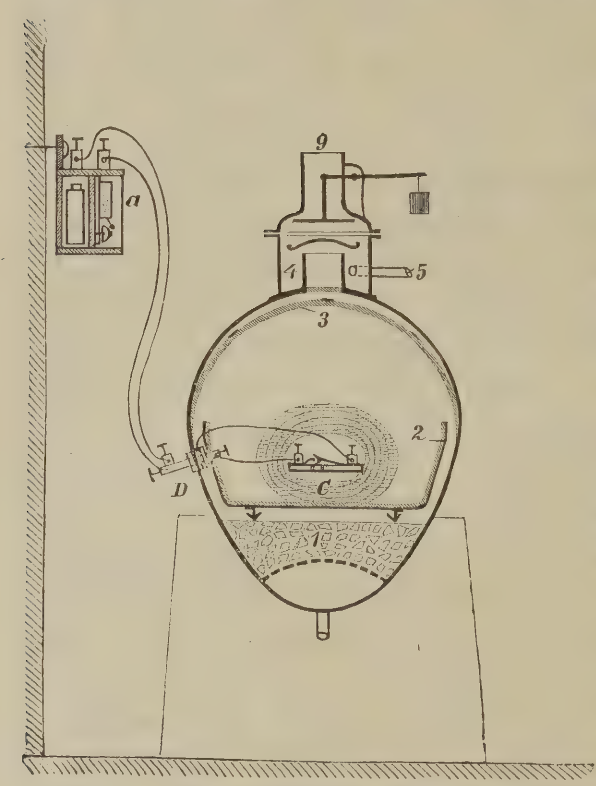


Fig. 9. Schnitt des eiförmigen Ofens.
Das Contactthermometer C ist in einer Teppichrolle angebracht, durch die Leitungsdrähte mit dem „elektrischen Pfropfen" verbunden, und dieser wieder durch die auswendigen Leitungsdrähte mit dem Klingelapparate a verbunden.

Wie lange soll man nun die Dampfbehandlung nach dem Signal des Klingelapparates fortsetzen? Da man in der Regel die Tödtung der Milzbrandsporen als Maass für die Effectivität einer Desinfectionsprocedur betrachtet, und da es durch Esmarch's Untersuchungen dargethan ist, dass die Widerstandsfähigkeit dieser Sporen dem strömenden, gesättigten

Dampf gegenüber sehr verschieden sein kann, ist insoweit hier keine bestimmte Grenze anzugeben. In Anbetracht aber, dass die Milzbrandsporen nach den meisten vorliegenden Untersuchungen (bes. Esmarch's und Koch's) in den meisten Fällen durch Behandlung mit Dampf von der gewöhnlichen Qualität in wenigen Minuten getödtet zu werden scheinen, und dass man in der That in den hier erwähnten Apparaten Temperaturgrade von mehr als 100° (bis 105°) in den Objecten erreicht, dürfte vielleicht in der Regel das erwähnte Zeitmaass zu 15 Minuten festgesetzt werden, aber selbstfolglich wird man immer je nach den vorliegenden Umständen und den Forderungen, welche neuere bacteriologische Untersuchungen in dieser Beziehung stellen möchten, die Dampfbehandlung über diese Grenze hinaus fortsetzen können. Jedenfalls wird man auf diese Weise die Desinfection sicherer,[1] schneller und billiger ausführen können, als wenn man ein voraus gegebenes Programm für die Dauer der einzelnen Desinfectionsproceduren befolgt.

Ein Contactthermometer mit einem einzelnen Klingelapparat von der beschriebenen Construction wird man für ca. 35 Mark haben können. Die Batterien enthalten zwei Elemente und werden, wenn man immer nur den Strom durch einen auf dem Apparat angebrachten Stromabbrecher unterbricht, wenn die Glocke höchstens $^1/_2$ Minute geläutet hat, wenigstens bei 300 Desinfectionsproceduren ohne Erneuerung fungiren können. Die Erneuerung des Inhalts der beiden Elemente wird nur 4 Mark kosten. Die Leitungsdrähte, welche sehr wohl doppelte Baumwollenbewickelung haben können, kosten ca. 8 Pfg. pro Meter. Die schmelzbaren Metallstifte werden in jeder Apotheke hergestellt werden können. Sie bestehen aus einer Legirung von 8 Theilen Wismuth, 5 Theilen Blei und 3 Theilen Zinn, welche bei 100° schmilzt. Man schmilzt[2] zunächst das Wismuth in einem Schmelztiegel (aus Porcellan), setzt, sobald es geschmolzen, Zinn und Blei hinzu, rührt das Gemenge tüchtig um, entfernt die an der Oberfläche sich bildende Oxydationsschicht und giesst die Legirung in eine entsprechende Form, aus zwei hölzernen Platten mit Halbrinnen, welche beim Zusammenschrauben Canäle von 2·5 ^{mm} Weite bilden, bestehend. Solche Stäbchen, ca. 1 ^{grm} wiegend, kosten 2 Pfg. pro Stück. Die Justirung wird leicht in strömendem Dampf unter gleichzeitiger Thermometerobservation ausgeführt. Für die Ausgabe zu dem Contactthermometer und dem elektrischen Klingelapparat hat man, abgesehen von der Sicherheit und Zuverlässigkeit, welche die Durchführung der Desinfection

[1] Eine Wärmeleitung durch die Leitungsdrähte zu dem Contactthermometer kann ich nach meinen diesbezüglichen Untersuchungen bestimmt ausschliessen.

[2] Vgl. H. Merke, *Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege.* Bd. XIX. Hft. 2. S. 315—317.

dadurch gewinnt, den vollständigen Ersatz durch Ersparung von Arbeitslohn, Kohlenverbrauch und Abnutzung der Apparate. Diese können überall von den localen Handwerkern reparirt werden.

Fragt es sich nun, welche der beiden Formen, die horizontale eiförmige oder die verticale Form vorzuziehen ist, so scheinen die referirten Versuche anzudeuten, dass die beiden Oefen ungefähr gleich gut fungiren. Von einem einzelnen Versuch (V) abgesehen, war ja die Temperatur in der Mitte der Teppichrolle in $10^3/_4$ bis 13 Minuten auf 100° gestiegen. Von einem theoretischen Standpunkt bietet der verticale Ofen den Vorzug dar, dass die Luft von der von oben hereindringenden leichteren Dampfschicht schneller ausgetrieben wird. In der That kam ja auch der einzelne weniger günstige Versuch (V) auf den horizontalen Ofen. Doch muss hervorgehoben werden, dass die höchsten Temperaturgrade eben in diesem Ofen erreicht wurden, was möglicher Weise damit in Verbindung steht, dass der Dampf hier mit ein wenig grösserem Ueberdruck als in dem verticalen Ofen wirkt. Zur Entscheidung dieser Frage sind indessen weitere Versuche nöthig, und vorläufig dürfte die Wahl wesentlichst davon abhängig sein, welche der beiden Oefen man bei der Benutzung am bequemsten findet und welcher Ofen in der Länge das Abnutzen erträgt. Jedenfalls bietet der verticale Ofen den unter vielen Verhältnissen nicht unwesentlichen Vorzug dar, dass er weniger Platz erfordert und, wenn er nicht gebraucht wird, anderswohin gestellt werden kann, während der horizontale Ofen ja fest eingemauert ist.

Die nachstehenden Tabellen geben sowohl die auswendigen Maasse der drei Apparate, mit welchen ich arbeitete, als die Maasse des disponiblen Desinfectionsraumes, und in der vierten horizontalen Reihe sind die Maasse für einen neuen horizontalen eiförmigen Ofen gegeben.

Disponibler Desinfectionsraum.[1]

	Länge in dänisch. Zoll angegeben	Diameter in dänisch. Zoll angegeben	Breite in dänisch. Zoll angegeben	Höhe in dänisch. Zoll angegeben	Areal in Quadratfuss angegeben	Volum in Cubikfuss angegeben
Der Kupfercylinder . . .	27	$22^1/_2$	—	—	$2^2/_3$	$6^1/_2$
Der verticale Ofen . . .	26	$19^1/_2$	—	—	2	$4^1/_2$
Der horizontale Ofen . .	40	—	20	16	2	$6^2/_3$
Ein kleiner horizont. Ofen .	40	—	$23^1/_2$	$19^1/_2$	$2^1/_2$	$8^1/_3$

[1] Dänischer Zoll = 0·0262 m.

Die Desinfectionsöfen.

	Länge in dänisch. Zoll angegeben	Breite in dänisch. Zoll angegeben	Grösster Diameter in dän. Zoll angegeb.	Kleinster Diameter in dän. Zoll angegeb.	Areal in Quadratfuss angegeben	Volum in Cubikfuss angegeben
Der Kupfercylinder . . .	38	24	—	—	3	$9^1/_2$
Der verticale Ofen . . .	32	22	—	—	$3^2/_3$	7
Der horizontale Ofen . . .	42	—	30	25	$4^1/_3$	15
Ein kleiner horizont. Ofen .	42	—	32	27	$4^1/_2$	$15^3/_4$

Wie gross man diese Oefen haben will, hängt natürlich von den localen Verhältnissen ab, doch dürfen die Dimensionen in der Regel kaum kleiner sein, als dass man den Inhalt eines Bettes in zwei Proceduren desinficiren kann. Der verticale Ofen, den ich bei meinen Versuchen benutzte, und dessen effectiver Desinfectionsraum 4·5 Cubikfuss ist, kann eine gewöhnliche Matratze nicht aufnehmen. Dieser kleine Apparat, der vielleicht an einzelnen Stellen genügend sein kann, kostet 266 Mk., und da der dampfdichte Deckel, die Einrichtungen zu der Oeffnung in der Scheidewand, der Klingelapparat u. s. w. 196 Mk. kosten, wird man, von dem Trockenapparat abgesehen, einen in Bezug auf die Sicherheit der Desinfection absolut zuverlässigen Apparat für 462 Mk. haben können. Uebrigens wird eine Vergrösserung des effectiven Desinfectionsraumes von 4·5 bis 8·3 Cubikfuss den Apparat nur um 67 Mk. vertheuern.[1] Ein verticaler Ofen mit einem effectiven Desinfectionsraum von 8·3 Cubikfuss, in welchem man eine Matratze oder einen Gegenstand von ähnlicher Grösse bequem desinficiren kann, kostet mit allem Zubehör (excl. Trockenapparat) ca. 580 Mk. In den kleineren Städten geht, wenigstens hier in Dänemark, die Entwickelung in der Richtung, dass man, anstatt die Desinfectionsarbeit auf einzelne grössere Apparate zu concentriren, sie im Gegentheil auf viele kleinere vertheilt, indem man Desinfectionsöfen in civilen und militären Krankenhäusern, in Armenhäusern u. s. w. hat. Diese Theilung der Arbeit, die in hygienischer Beziehung mehrere Vorzüge darbietet, hat auch die Folge, dass man nur kleinere Apparate braucht. Ein kleiner Apparat von einer der beschriebenen Typen wird bei ununterbrochener Benutzung (ohne Trocknen) und wechselnder Bedienung unter

[1] In Bezug auf diese Frage bemerke ich, dass es keineswegs bewiesen ist, dass man mit grösseren Apparaten ebenso gute und schnelle Resultate erreiche als mit kleineren, selbst wenn die Construction und Benutzungsweise ganz dieselbe ist. Möglicher Weise hat die Grösse des Apparates eine gewisse Bedeutung in Bezug auf die Condensationsverhältnisse und dadurch in Bezug auf die Erwärmung der Objecte. Auch diese Frage muss durch weitere Untersuchungen beantwortet werden.

schwierigen Verhältnissen den Inhalt von 16 Betten oder eine entsprechende Menge von Objecten anderer Art in 24 Stunden desinficiren können und möchte daher an den meisten Stellen genügend sein. Apparate, die mit trockener Luft oder mit überhitztem, von unten eingeleitetem Dampf arbeiten, sollen durch solche, welche mit strömendem, gesättigtem, von oben eingeleitetem Dampf in rationeller Weise arbeiten, ersetzt werden.

Der Kohlenverbrauch bei der Desinfection mit diesen Apparaten lässt sich aus meinen Versuchen nicht genau bestimmen, da wir hier theilweise Extradampf benutzten, weil zu gewissen Zeiten zwei Apparate gleichzeitig in Function waren. Man darf indessen rechnen, dass bei einfachen Waschkesseln wenigstens 2 bis 3 Pfund Dampf pro Pfund Kohle entwickelt werden, und nimmt man nun an, dass in den erwähnten Apparaten der Dampfverbrauch pro Stunde 30 bis 40 Pfund ist, wird man, wenn man den Preis der Kohlen auf 1 Pfennig ansetzt und in Betracht zieht, dass zum Einheizen des Kessels ca. eine Stunde verbraucht wird, leicht die Ausgabe zum Kohlenverbrauch berechnen können. Sie wird, wie man sieht, sehr gering.

In Bezug auf das Trocknen der Objecte bemerke ich, dass es bei meinen Versuchen nicht soweit als möglich geführt wurde, indem ich das Ausströmungsventil mit einem Schornstein (was ja den Luftstrom durch den Ofen bedeutend verstärkt) nicht verbunden hatte. Auch kann man nicht, was leicht angenommen werden könnte, den Einfluss des Trocknens durch den Vergleich zwischen zwei gleichartigen Versuchen, bezw. mit und ohne Trocknen der Objecte, beurtheilen. Selbst bei ganz gleichartigen Versuchen kann ja die Intensität der Condensation sehr verschieden sein. Um einen correcten Ausdruck für die Wirkung des Trocknens zu erreichen, würde es also nothwendig sein, das betreffende Object nach der Desinfection und vor dem Trocknen zu wiegen. Uebrigens kann ich, wie früher erwähnt, dem Trocknen in dem Desinfectionsofen selbst keine grössere Bedeutung beilegen. Wollene Decken, Kleider u. dergl. trocknen ausserordentlich schnell, wenn man sie an einer für die Verdampfung günstigen Stelle aufhängt, Matratzen trocknen auch sehr schnell in freier Luft. Die desinficirten Betten und Federkissen sind schwieriger zu trocknen; da sie aber meistens von Privaten eingeliefert sind, kann man es den Eigenthümern selbst überlassen, sie auf die bequemste Weise zu trocknen. In der Regel ist es wohl das Richtigste, den Trockenapparat zu haben, ihn zu brauchen, wenn Zeit und Veranlassung dazu ist, aber sonst die Objecte gleich nach der Beendigung der Desinfection herauszunehmen.

Es giebt übrigens eine sehr naheliegende Anwendung für den Spüldampf vom Desinfectionsofen. Soll einer der erwähnten Apparate in einem Krankenhaus, einem Armenhaus u. s. w. installirt werden, soll er an einer

Aussenwand angebracht werden, und der Einlieferungsraum wird am besten in einem kleinen Ausbau mit Eintritt von aussen eingerichtet, weil man dann vermeidet, die von anderen Stellen hergebrachten inficirten Objecte in's Haus hineinzutragen, bevor sie durch die Desinfection unschädlich gemacht sind. Ein solcher kleiner Ausbau muss, der Bedienung wegen, in den kalten Jahreszeiten erwärmt werden, und das wird am besten dadurch bewerkstelligt, dass man das Ausströmungsrohr für den Spüldampf dicht über den Fussboden herausleitet, so dass die Wärme gut ausgenützt wird.

Selbstverständlich bleibt noch eine Reihe von Fragen, sowohl praktischer als wissenschaftlicher Natur, übrig, welche durch weitere Versuche näher aufgeklärt werden müssen. Als solche sei hier nur die Frage von der Bedeutung der Dampfspannung neben der der Dampfcondensation, die Frage von der Bedeutung der Anwendung von den gesättigten Dämpfen aus kochenden Salzlösungen und die Frage von dem Verhältniss zwischen der Grösse des Desinfectionsraumes und der Intensität der Erwärmung erwähnt. Ich hoffe jedoch, durch meine Arbeit etwas zur Aufklärung der Weise, in welcher die verschiedenen physikalischen Gesetze sich unter den bei der Dampfdesinfection vorliegenden Bedingungen geltend machen, beigetragen zu haben.

Nachdem die obenstehende Abhandlung geschrieben war, habe ich eine Reihe neuer Versuche angestellt zu dem Zwecke, zu untersuchen, in welcher Weise die physikalischen Gesetze, welche ich durch meine Versuche mit dem Herscher'schen Apparat nachgewiesen habe, sich unter anderen Bedingungen geltend machen würden. Sie wurden mit dem Dampfsterilisationsapparate in der chemischen Fabrik des Herrn Apotheker Benzon hier in Kopenhagen ausgeführt. Dieser Apparat besteht aus einem Kupfercylinder, dessen dicke Wände mit guter Wärmeisolation versehen sind, und der durch Entfernung des Deckels geöffnet wird. In dem Deckel ist ein Manometer angebracht, das den Druck in Pfund pro Quadratzoll angiebt (14 Pfund = 1 Atmosphäre). Bei allen Versuchen benutzte ich als Versuchsobjecte ein Paar Hüllen, aus Wollzeug bestehend, das in vielen Schichten über einem Eisendrahtgerippe aufgerollt war; in dem einen Ende waren sie geschlossen, in dem anderen Ende mit einem losen fest schliessenden Pfropfen aus fest aufgerolltem Wollzeug versehen. Sie sind nach meiner Anweisung in Kapit. Reck's Etablissement hergestellt und sollen bei der praktischen Desinfection benutzt werden, indem sie, zwischen den Desinfectionsobjecten angebracht, das auf 100° C. eingestellte Contactthermometer, nach dessen Signal durch den elektrischen Klingelapparat die Dauer der Desinfectionsprocedur

bestimmt wird, enthalten sollen. Ihre Widerstandsfähigkeit gegen das Eindringen des Dampfes und der Wärme ist durch directe Versuche etwas grösser, als die der bei den oben referirten Versuchen benutzten Teppichrollen gefunden. Um eventuellen Unfällen zu begegnen, wurden in jedem Versuche zwei Hüllen benutzt, jede ein auf 100° C. eingestelltes Quecksilbercontactthermometer (in den 3 letzten Versuchen auch ein Maximalthermometer) enthaltend, dessen Leitungsdrähte zwischen dem Deckel und der Wand des Cylinders zu dem elektrischen Klingelapparat hinausgeführt wurden. Bei den 3 Versuchen mit „strömendem Dampf" strömte der Dampf unausgesetzt unten in den Cylinder hinein und oben durch das Ausströmungsrohr im Deckel heraus. Bei dem Versuche mit „ruhendem Dampf" fand, nachdem die Luft ausgetrieben war, keine Dampfausströmung statt, während, nachdem der beabsichtigte Ueberdruck erreicht war, nur so viel Dampf, als nöthig war, um der Condensation zu äquivaliren, eingeleitet wurde, so dass der Ueberdruck constant erhalten wurde. Bei dem Versuche mit dem „intermittirenden Druck" endlich wurde ruhender luftfreier Dampf benutzt, nur von einer „Ausblasung" 2 Minuten nach dem Anfange der Desinfectionsprocedur unterbrochen, indem die Dampfzuleitung sistirt und gleichzeitig der Hahn des Ausströmungsrohrs geöffnet wurde, wodurch der Ueberdruck in einem Augenblick sich bis auf 0 reducirte, wonach der Hahn des Dampfausströmungsrohrs gleich geschlossen und frischer Dampf zugeleitet wurde, bis die Spannung die frühere Grenze erreicht hatte, auf welcher sie demnächst unverändert erhalten wurde, bis der elektrische Klingelapparat Signal gab. Sobald dieses Signal kam, wenn also die Temperatur im Innern der Hüllen bis auf 100° C. gelangt war, wurden die Versuche gleich unterbrochen; da aber hier zur Entfernung des Deckels des Cylinders ca. 5 Minuten vergingen, stieg, wie aus den Versuchsberichten zu ersehen ist, die Temperatur im Inneren der Hüllen viel höher, bis sie aus dem Cylinder herausgenommen wurden.

Versuch I. Strömender Dampf. Der Ueberdruck 2 Pfund.

Das Gewicht der Hüllen vor der Dampfbehandlung a) 1290 grm, b) 1360 grm.
„ „ „ „ nach „ „ „ 1330 „ „ 1405 „
Die Dampfzuleitung angefangen . . . . . 9 Uhr $35\frac{1}{2}$ M.
Die Temperatur 100° C. in der Hülle a . . 9 „ 42 „
„ „ „ „ „ „ „ b . . 9 „ 43 „
Das Maximalthermometer frei im Dampfraume 116° C.

Versuch II. Strömender Dampf. Der Ueberdruck 10 Pfund.

Das Gewicht der Hüllen vor der Dampfbehandlung a) 1290 grm, b) 1385 grm.
„ „ „ „ nach „ „ „ 1335 „ „ 1425 „

Die Dampfzuleitung angefangen . . . . . . 10 Uhr $5^1/_2$ M.
Die Temperatur 100° C. in der Hülle a . . 10 „ $11^1/_4$ „
„ „ „ „ „ „ „ b . . 10 „ $11^1/_2$ „
Das Maximalthermometer frei im Dampfraume 117° C.

Versuch III. Strömender Dampf. Der Ueberdruck 15 Pfund.
Das Gewicht der Hüllen vor der Dampfbehandlung a) 1325 grm, b) 1415 grm.
„ „ „ „ nach „ „ „ 1370 „ „ 1480 „
Die Dampfzuleitung angefangen . . . . . . 10 Uhr $34^1/_2$ M.
Die Temperatur 100° C. in der Hülle a . . 10 „ 37 „
Das Maximalthermometer frei im Dampfraume 123° C.
„ „ in der Hülle a . . 110° „
„ „ „ „ „ b . . 118° „

Versuch IV. Ruhender Dampf. Der Ueberdruck 15 Pfund.
Das Gewicht der Hüllen vor der Dampfbehandlung a) 1345 grm, b) 1435 grm.
„ „ „ „ nach „ „ „ 1385 „ „ 1465 „
Die Dampfzuleitung angefangen . . . . . . 11 Uhr $2^1/_2$ M.
Die Temperatur 100° C. in der Hülle a . . 11 „ $13^1/_4$ „
„ „ „ „ „ „ „ b . . 11 „ $13^1/_4$ „
Das Maximalthermometer frei im Dampfraume 118° C.
„ „ in der Hülle a . . 109° „
„ „ „ „ „ b . . 115° „

Versuch V. Intermittirender Druck. Der Ueberdruck 15 Pfund.
Das Gewicht der Hüllen vor der Dampfbehandlung a) 1350 grm, b) 1430 grm.
„ „ „ „ nach „ „ „ 1390 „ „ 1490 „
Die Dampfzuleitung angefangen . . . . . . 12 Uhr $39^3/_4$ M.
Ausblasung . . . . 12 „ $41^3/_4$ „
Die Temperatur 100° C. in der Hülle a . . 12 „ $45^1/_2$ „
„ „ „ „ „ „ „ b . . 12 „ $45^1/_2$ „
Das Maximalthermometer frei im Dampfraume 123° C.
„ „ in der Hülle a . . 111° „
„ „ „ „ „ b . . 119° „

Diese Resultate stimmen also vollständig mit denen, welche ich durch meine Versuche mit dem Herscher'schen Apparat erhalten habe, überein. Die Bedeutung des Dampfdruckes in Bezug auf die Schnelligkeit, mit welcher der Dampf und die Wärme in die Objecte eindringt, wird deutlich aus den Versuchen I, II und III ersehen. Je nachdem die Spannung unter Anwendung des unausgesetzt strömenden Dampfes von 2 bis 10 bis 15 Pfund steigt, wird die Zeit, welche zur Erreichung einer Tem-

peratur von 100° C. im Inneren der Hüllen verbraucht wird, von $6^1/_2$ bis $5^3/_4$ bis $2^1/_2$ Minuten verringert. Je grösser der Ueberdruck und je stärker die Strömung des Dampfes ist, je schneller dringt die Wärme in die Objecte hinein. Das schlechteste Resultat gab, wie es erwartet werden musste, der Versuch IV mit ruhendem Dampf; obschon der Ueberdruck hier derselbe war, wie im Versuch III, nämlich 15 Pfund, dauerte es doch mehr als viermal so lange, bis die Temperatur im Inneren der Hüllen auf 100° C. gestiegen war. Der Versuch V mit „intermittirendem Druck“ wurde zu dem Zweck ausgeführt, zu untersuchen, wie sich das Resultat der Herscher'schen Methode hier stellen würde. Von verschiedenen Seiten ist es ja in der neuesten Zeit behauptet worden, dass diese Anwendungsform des Dampfes die schnellsten und besten Resultate geben sollte, indem die plötzliche Druckverringerung, von einer plötzlichen Druckvermehrung gefolgt, das Eindringen des Dampfes und der Wärme in die Objecte am besten befördern solle. Ich habe früher nachgewiesen, dass diese Annahme von einem theoretischen Standpunkte aus nicht correct ist; von diesem Standpunkte aus muss erwartet werden, dass die Resultate dieser Methode zwischen die durch den unausgesetzt strömenden Dampf auf der einen Seite, und die durch den ruhenden Dampf auf der anderen Seite erreichten fallen müssen. So stellte sich factisch auch das Resultat sowohl bei meinen früheren Versuchen, als bei den oben referirten. Während der strömende Dampf mit einer Spannung von 15 Pfund zur Erreichung einer Temperatur von 100° C. im Inneren der Hüllen $2^1/_2$ Minuten brauchte, waren bei dem Versuch mit ruhendem Dampf unter derselben Spannung 11 Minuten dazu nöthig, bei dem Versuch mit „intermittirendem Druck“ $5^3/_4$ Minuten. Insoweit scheint also die Anwendung der Herscher'schen Methode in der Desinfectionstechnik irrationell zu sein.

Die Bedeutung der Condensation in Bezug auf die Schnelligkeit der Erwärmung der Objecte geht auch sehr deutlich aus diesen Versuchen hervor. Berechnen wir die Mittelzahlen für die Gewichtszunahme der Hüllen unter der Dampfbehandlung, bekommen wir den grössten Werth beim Versuch III, bei welchem ja das beste Resultat erreicht wurde, und den niedrigsten Werth beim Versuch IV, der das schlechteste Resultat gab. Die Einwirkung der Condensation geht auch sehr charakteristisch daraus hervor, dass die Wärme sowohl im Dampfraume, als im Inneren der Hüllen weit über die Grade hinaus, welche der Temperatur des gesättigten Dampfes bei den betreffenden Spannungsgraden entsprachen, stieg.

[Aus dem hygienischen Institut der Universität Jena.]

Ueber den Gehalt des Bodens an Bacterien.

Von

John Reimers,
Assistenzarzt am Wandsbecker städt. Krankenhause.

Ueberall da, wo sich organische Materie findet, welche zum Zerfall geeignet ist, sind Mikroorganismen anzutreffen, welche das als Fäulniss und Verwesung bezeichnete Zerstörungwerk einleiten und durchführen.

Fragt man, welches die Hauptwerkstatt dieser destructiven Thätigkeit der niedersten Lebewesen ist, so ergiebt sich, dass dieselbe vornehmlich auf und im Boden zu suchen ist. Denn ihm fallen nach ihrem Absterben Pflanze und Thier anheim; zudem ist der Boden in erster Linie dazu bestimmt, die verschiedenen Abfälle, die seiner Oberfläche und seinen obersten Schichten vom Menschen, namentlich an den Stätten engen Zusammenwohnens und beim Ackerbau in grösster Menge zugeführt werden, aufzunehmen und zu verarbeiten.

Ausserdem ist der Boden ein geeignetes Substrat für eine Reihe pathogener Mikroorganismen und hat man schon seit langer Zeit den Boden mit der Aetiologie einer Reihe von Infectionskrankheiten in Zusammenhang gebracht. Nichts destoweniger blieb die Bodenuntersuchung das Stiefkind der Bacteriologie.

Während es eine Zeit gab, in welcher die bacterielle Forschung auf dem Gebiete der Luft und des Wassers bereits zu grosser technischer Vollkommenheit und Vielseitigkeit gediehen war und eine stattliche Reihe von Erfolgen aufzuweisen hatte, lag die Bodenbacteriologie noch so gut wie unberührt da. Dieses Missverhältniss hatte seinen vornehmlichsten Grund in der Schwierigkeit, für die Erduntersuchungen eine Methode zu finden, welche von vorn herein einigermassen sichere und zuverlässige

Resultate zu liefern versprechen konnte. Gerade in dieser Beziehung lagen die Verhältnisse für die Erforschung der Luft und des Wassers viel günstiger. Ein weiterer Umstand, der das Arbeiten auf dem besagten Gebiete weniger verlockend erscheinen lassen musste, lag in der Schwierigkeit der Gewinnung geeigneten Materials zum Zweck der Erforschung; denn wollte man ein Erdreich auf seinen Gehalt an Spaltpilzen untersuchen, so durfte man sich selbstverständlich nicht auf die alleroberstem und leicht erhältlichen Lagen beschränken. Den eigentlichen Werth konnte die Forschung erst erhalten, wenn ihr auch die tieferen Schichten eröffnet wurden; aber gerade diese Nothwendigkeit musste den ganzen Untersuchungsapparat bedeutend compliciren.

Die Litteratur, welche bisher die Frage nach dem Mikroorganismengehalt des Erdbodens und seiner tieferen Schichten aufzuweisen hat, ist dementsprechend spärlich und, in sofern sie mehr Bedeutung verdient, erst aus der allerjüngsten Zeit datirt.

Im Jahre 1874 untersuchte Birch-Hirschfeld 19 Erdproben des Dresdener Bodens. Diese Untersuchungen waren gemäss dem damaligen Stand der Bacteriologie sehr primitiv, sie beschränkten sich vornehmlich auf das Mikroskop. Birch-Hirschfeld betrachtete mit demselben einmal Bodenpartikelchen allein, sodann dieselben mit Wasser versetzt und endlich letztere Mischung nach Zusatz von Cohn'scher Nährflüssigkeit; dabei kam er einmal zur Constatirung der Thatsache, dass eine starke Entwickelung von Keimen nur in der zuletzt angegebenen Composition stattfindet, sodann stellte er fest, dass feuchter Boden für die Lebensäusserungen der Mikroorganismen bedeutend günstiger ist als trockner.

Die nächstfolgenden Untersuchungen sind fast sämmtlich darauf gerichtet, den Existenznachweis pathogener Keime in den obersten Bodenschichten zu führen oder irgend welche Arten zu entdecken, welche für diese oder jene chemische Umsetzung verantwortlich zu machen seien. So glaubte unter anderen z. B. v. Fodor im Bacterium lindolum den Organismus gefunden zu haben, dessen vornehmlichen Bemühungen die Verwandlung der organischen Verbindungen in Nitrate zu verdanken sei, so wurden ferner von Dehérain und Maquenne, im Jahre 1882 Reinculturen eines anderen als Bacillus amylobacter bezeichneter Mikroorganismus gewonnen und diesem die weitere Zerlegung der Nitrate in Stickstoffoxydulgas, Stickstoff und Wasser zugeschrieben.

Auf dem Gebiete der Lehre von den pathogenen Mikroben vermeinten weiterhin Klebs, Tomasi und Crudeli im Jahre 1879 durch die Auffindung des Malariabacillus im Boden einen Fortschritt herbeigeführt zu haben.

Eine Entdeckung von Bedeutung machte im Jahre 1877 Pasteur mit der Auffindung des Bacillus des malignen Oedems im Boden. Nicht weniger beachtenswerth war die durch denselben Forscher 1880 constatirte Anwesenheit von specifischen Mikroben in der Umgebung verscharrter an Milzbrand gefallener Thiere, ein Factum, welches andere Autoren, wie Koch, Gaffky und Löffler zu bestätigen vermochten.

Als weiteres Resultat qualitativer Forschung auf dem Gebiete der Bodenbacteriologie wäre die vermeintliche Auffindung des Typhusbacillus im Erdreich unter einer Kopenhagener Kaserne durch den dänischen Forscher Tyde im Jahre 1884 zu nennen. Ferner ist noch Nicolaier's zu gedenken, der im Boden einen Mikroorganismus entdeckte, welcher bei Kaninchen und Meerschweinchen nach der Einimpfung Tetanus hervorrief.

Auf alle einschlägigen Untersuchungen einzugehen, würde zu weit führen, doch weisen wir schliesslich noch auf eine Arbeit Adametz's[1] hin, in welcher der Verfasser eine genaue Beschreibung derjenigen Bacterienarten giebt, die von ihm an der Oberfläche von Ackerland gefunden waren.

Die Litteratur, welche Zahlenerhebungen über den Keimgehalt der verschiedenen Bodenschichten enthält, ist wenig umfangreich, zugleich weichen die von den einzelnen Forschern gewonnenen Resultate nicht unerheblich von einander ab, eine Thatsache, deren Begründung zum Theil in der Untersuchungstechnik liegen dürfte.

Es erscheint daher zweckmässig, zunächst die Methode der einzelnen Autoren kritisch zu betrachten und damit die Frage zu beantworten, welche Forderungen man an die Untersuchung einer Erdprobe auf ihren Keimgehalt stellen muss, wenn anders man auch nur einigermassen zuverlässige Resultate erzielen will.

Die erste quantitative Untersuchung von Erdtheilchen stellte Koch[2] an im Jahre 1881; demselben war hierbei die Zahlenfeststellung Nebensache, in erster Linie sollten diese Versuche zur Prüfung seiner festen Nährböden hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit auch für solche Zwecke und zur ersten Orientirung dienen. Dementsprechend war seine Methode eine sehr einfache: Er stellte sich kleine Glasplatten her, goss auf diese die Nährgelatine, um sodann in der letzteren, sobald sie zu erstarren anfing, die Erdbröckchen mittelst eines sterilisirten Scalpells auszubreiten. Fränkel zeigte, dass diese Methode, für die Zahlenbestimmung angewendet, nicht entfernt sichere Resultate brachte. Es ergaben sich ihm, wenn er gleiche

---

[1] *Untersuch. über die niederen Pilze der Ackerkrume.* Leipzig 1886. Inaug.-Diss.

[2] *Mittheil. aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt.* Bd. I. S. 35.

Mengen derselben Erdprobe in der beschriebenen Art auf 10 Platten vertheilte, Zahlen, welche zwischen 2300 und 11300 Keimen auf der Platte schwankten. Dieser bedeutende Zahlenunterschied erklärt sich sehr einfach aus dem Umstand, dass bei einer derartigen Verarbeitung einer Erdprobe nicht entfernt alle in derselben befindlichen Keime in die Gelatine hineingerathen. Koch zieht aus seinen wenigen Versuchen nur allgemeine Schlüsse, ohne im speciellen irgend welchen Anspruch auf quantitative Genauigkeit zu erheben.

Die nächsten thatsächlich zur Feststellung von Keimzahlen angestellten Versuche beschränkten sich fast ausschliesslich auf die alleroberflächlichsten Schichten des Bodens. Neben anderen kurzen in der Litteratur verzeichneten Angaben hierüber wären zunächst Miquel[1] und Adametz zu nennen. Der erste bedient sich hierbei eines umständlichen Verfahrens, welches für ausgedehntere Untersuchungen nur schwer verwendbar sein dürfte. Zudem werden die Erdproben vor der eigentlichen Verarbeitung einer Vorbereitung unterworfen, von der es uns sehr wahrscheinlich dünkt, dass dieselbe auf die ursprünglich vorhandene Keimzahl modificirend einwirkt. Um die Erde zerreiblich zu machen, wird sie von Miquel zunächst während 80 Stunden einer Wärme von 30^{0} ausgesetzt, danach zerrieben und sodann nochmals 24 Stunden in gleicher Weise erwärmt. Sodann erfolgt die Uebertragung gewisser Gewichtsmengen in 250 ^{ccm} sterilen Wassers; von dieser Mischung werden nach dem Umschütteln 10 ^{ccm} mit der Pipette entnommen und in weitere 240 ^{ccm} destillirten Wassers übertragen. Aus der so gewonnenen starken Verdünnung erfolgt tropfenweise Uebertragung in 60 bis 80 Reagensgläschen mit flüssiger Gelatine. Die in diesen entstehenden Colonieen werden später gezählt und danach die Zahl der Keime in 1 ^{grm} Erde berechnet.

Adametz giebt in seiner bereits oben erwähnten Dissertation gleichfalls eine kurze Angabe über den Keimgehalt des Ackerlandes. Wie Miquel nahm auch er den Gewichtstheil Erde als Bestimmungsmaass für die darin enthaltene Keimmenge. Er versetzte $^{1}/_{2}$ ^{grm} des zu untersuchenden Bodens mit 15 bis 20 ^{ccm} destillirten Wassers, filtrirte sodann durch einen Filter, von dessen Poren er annahm, dass sie ziemlich alle Keime passiren liessen, that weiterhin von diesem Filtrat einige Cubikmillimeter in die Thomas'sche zur Blutkörperchenzählung verwendete Kammer und bestimmte mittelst dieser die Zahl der Keime.

Dass dies keine Methode für ausgedehntere Untersuchungen sein kann, geht schon aus der ausserordentlich grossen Umständlichkeit derselben hervor, abgesehen davon, dass auch hier auf jeden Fall eine Menge von

---

[1] *Annuaire de l'observ. de Montsouris.* 1882.

Keimen verloren geht und man daher bei Ansetzung verschiedener Proben keinen für alle gleichbleibenden Maassstab behält.

Die Arbeiten auf dem genannten Gebiete, welche zuerst dadurch, dass sie sich auch mit den tieferen Schichten befassten, ein grösseres Interesse beanspruchen konnten, stammen erst aus den letzten 3 Jahren.

Zunächst ist hier Beumer[1] zu nennen, der stark verunreinigtes Stadtterrain bis zu 6 ^{m} Tiefe, ferner öden Strandboden bis in eine Tiefe von 5 Fuss, endlich Kirchhofsgebiet in seinen unteren Lagen untersuchte.

Er übertrug die Proben in Reagensgläser mit flüssig gemachter Gelatine; nach erfolgter Vertheilung wurde die Mischung auf Platten ausgegossen. Auch diese Art der Technik ist nicht immer zweckmässig. Während bei lockeren, z. B. sandigen und trockenen Bodenarten, eine ziemlich vollkommene Zertheilung der in die Gelatine übertragenen Erdprobe erreicht werden kann, ist das bei festem und feuchtem z. B. Lehm- und Thonboden, selbst unter Zuhülfenahme eines sterilisirten Glasstabes, nicht immer möglich, wie wir uns bei dem derartig beschaffenen Erdreich der Umgebung von Jena überzeugen konnten. Es blieben bei unseren Versuchen kleinere und grössere Häufchen Erde in zusammengeballtem Zustande liegen, so dass wir den gleichen Fehler bekammen, wenn auch vielleicht in geringerem Grade, den wir bei der Koch'schen Methode anführten. Dazu kommt, dass selbst bei einigermassen gleichmässiger Zertheilung der Probe in der Gelatine beim Ausschütten auf die Platte doch stets Erdpartikelchen an der Wand des Röhrchens zurückbleiben.

Von gleichen Erwägungen geleitet ging Beumer selbst bald zu einer bedeutenden Modifikation seines Verfahrens über; er schaltete Wasser als Uebertragungsmittel ein, wie dies bereits Adametz gethan hatte. Er entnahm die Proben an Ort und Stelle mit dem sterilisirten Reagensglas selbst und füllte im Laboratorium mit einem sterilisirten Spatel kleine gläserne flache 1 ^{ccm} enthaltende Messgefässe damit gestrichen voll; die letzteren wurden in 100 ^{ccm} destillirten Wassers gethan und eine Stunde lang in Erlenmeyer'schen Kölbchen geschüttelt. Ob nicht schon dieses einstündige Verweilen der Proben ein Anwachsen der darin enthaltenen Keime zur Folge gehabt hat, mag unerörtert bleiben.

Unter Umständen wurde auch hier zum besseren Zerkleinern ein sterilisirter Glasstab nöthig; endlich entnahm Beumer mit einer Pipette jedesmal aus der Mitte der Schüttelmischung $^{1}/_{2}$ ^{ccm} und 1 Tropfen brachte ihn mit Gelatine zusammen und goss auf Platten aus. Auch

[1] Zur Bacteriologie des Bodens. *Berliner medicin. Wochenschrift.* 1886. Nr. 27.

bei diesem Verfahren entspricht die Zuverlässigkeit der Resultate der Umständlichkeit der Methode nicht, wie Fränkel durch Controlversuche frappant gezeigt hat. Gleiche Mengen Flüssigkeit derselben Aufschwemmung ergaben ihm grosse Zahlendifferenzen.

Eine Verbessung liegt allerdings in Beumer's Verfahren insofern, als er das Volumen- nicht das Gewichtsmaass als Untersuchungseinheit anwendete. Bei der grossen Verschiedenheit der Schwere ungleicher Erdarten, sowie bei der Umständlichkeit des Wiegeverfahrens kleiner Mengen ist der Einfachheit wie der grösseren Zuverlässigkeit wegen die Bestimmung der Keimzahlen eines bestimmten Erdvolumens derjenigen gleicher Erdgewichtsmengen vorzuziehen.

Eine zweite, sich ebenfalls auch auf die tieferen Erdlagen beziehende Reihe von Untersuchungen stammt von dem italienischen Forscher Maggiora.[1] Derselbe hatte ein ähnliches Verfahren wie Beumer, geht aber von der Gewichtseinheit aus; eine genauere Beschreibung der Technik würde ermüden. Bemerkt muss aber werden, dass Maggiora nichts über die Art der Entnahme der Proben angiebt; ausserdem begeht er den Fehler, dass er seinen Probeentnahmen die Untersuchungen nicht sofort anschloss. Inwiefern dies den Resultaten den Anspruch auf Zuverlässigkeit nimmt, hat Fränkel ausführlich gezeigt.

Eine weitere Veröffentlichung stammt von Smolenski.[2] Er nahm wie Beumer die Volumeneinheit als Grundlage und bediente sich dabei eines ganz sinnreich construirten Instruments in Gestalt einer Halbrinne von Stahl, die an ihrem unteren Ende, auch vorn mit einer Wand versehen ist, so dass hier ein kleiner $^1/_2$ ccm grosser Cylinder gebildet wird. Diese Stahlrinne wird in die zu untersuchende Erdschicht eingestossen, und der Inhalt des kleinen Cylinders, nachdem die überstehende Erde durch eine geeignete Vorrichtung abgestrichen worden, in destillirtes Wasser gestossen; weiterhin ist das Verfahren dem Beumer'schen ähnlich und theilt seine Mängel.

Die letzte quantitative Untersuchung des Bodens und seiner tieferen Lagen, die wir zu erwähnen hätten, ragt in jeder Beziehung über die bisher citirten Arbeiten hervor, sie stammt von C. Fränkel.[3] Demselben gebührt das Verdienst zunächst auf die Haupterfordernisse, die man im Interesse der Gewinnung möglichst fehlerfreier Rusultate an die Technik zu stellen hat, hingewiesen und selbst die Hauptbahnen angegeben zu haben, auf denen sich die Methodik quantitativer Bodenuntersuchung be-

---

[1] *Richerche quantit. sui micr. Giorn. d. R. Acad. di medic.* 1887. Nr. 3.

[2] Unters. d. Bodens d. russ. Avantgardelagers. *Wratsch.* Nr. 6. 7. 10 und 11.

[3] Untersuch. üb. das Vorkommen von Mikroorganismen in verschied. Bodenschichten. *Diese Zeitschrift.* Bd. II. 1887.

wegen muss; Fränkel hat das bisher geübte Verfahren von Grund aus umgestaltet und es ist desshalb auch nicht zu verwundern, wenn seine Resultate vielfach erheblich von denen seiner Vorgänger abweichen. Als eine Hauptforderung stellte er hin, dass man bei der Verarbeitung einer Erdprobe von einem bestimmten Voluminhalt — Gewichtsbestimmung verwirft er — möglichst darauf sehen muss, allen Keimen die Möglichkeit des Auswachsens zu gewähren, da man nur so von gleichen Mengen verschiedener Proben die Erlangung vergleichbarer Ergebnisse erwarten kann. Dass dieser Forderung keine der anderen Methoden gerecht ward, haben wir gezeigt. Fränkel verwarf daher in erster Linie das Wasser als Zwischenmittel; er übertrug die Proben selbst ($^{1}/_{50}$ ^{ccm}) in Reagensröhrchen mit flüssig gemachter Gelatine, bearbeitete dieselben dann mit einem dicken Platindraht, um die Erdpartikelchen möglichst gleichmässig zu zertheilen, und goss nun die Mischung nicht auf die Platte aus, sondern stellte aus dem betreffenden Gläschen nach der von Esmarch angegebenen Methode ein sogenanntes Rollröhrchen dar. Auf diese Weise gingen keine Keime verloren und man kann daher von den Fränkel'schen Untersuchungen behaupten, dass sich die Resultate derselben nur innerhalb der Fehlergrenze bewegen, welche überhaupt bei allen derartigen Versuchen bis zu einem gewissen Grade unvermeidlich ist. Allerdings ist diese einfache und naheliegende Methode Fränkel's nicht für alle Verhältnisse brauchbar. Fränkel untersuchte den sandigen Boden der Mark, hatte es daher stets mit Erdproben zu thun, deren kleinste Theile überhaupt in Flüssigkeiten nicht allzuschwer ihren Zusammenhang verlieren und sich gleichmässig vertheilen.

Wir hingegen hatten mit dem schweren kalk- und lehmhaltigen Terrain Jena's zu rechnen, einem Boden, bei welchem es nicht gelingt die festgekitteten Klümpchen auch nur einigermassen mit einem Glasstab zu zertheilen. Wenn wir es in tieferen Erdschichten hier und da mit Sand oder ähnlich lockeren Bodenproben zu thun hatten, konnten wir uns dagegen gleichfalls von der Vortrefflichkeit des Fränkel'schen Verfahrens überzeugen und dasselbe unverändert in Anwendung bringen.

Des Weiteren hat Fränkel mit ganz besonderem Nachdruck darauf hingewiesen, dass es unumgänglich nöthig sei, die Proben einmal direct frisch an Ort und Stelle zu entnehmen und sie sodann auch möglichst rasch mit der Gelatine zu verarbeiten. Es hatte sich nämlich ergeben, dass insbesondere bei Proben aus der Tiefe, wenn dieselben nicht unmittelbar nach ihrer Gewinnung verarbeitet wurden, sich wesentliche Veränderungen ihrer Keimzahl einstellten.

Zur Entnahme von Proben aus der Tiefe bediente sich Fränkel eines Bohrinstrumentes, welches eben oberhalb der bohrenden Spitze eine

kleine Kammer besitzt, die durch ein Schieberventil geöffnet und geschlossen werden kann. Der Bohrende hat es jederzeit in der Hand, durch Drehung des Bohrers in verschiedener Richtung den Behälter zu öffnen, ihn mit Erde aus der betreffenden Tiefe zu füllen und ihn danach wieder zu schliessen. Auch wir brachten ein derartiges Instrument in Anwendung, mussten aber erfahren, dass dasselbe wohl in steinfreiem Boden seinen Zweck gut erfüllen mag, für steinige und sehr feste Schichten dagegen nur bis zu geringer Tiefe brauchbar ist. Auf alle Fälle bleibt am Wesentlichsten, dass man die Proben aus der Tiefe frisch erhält, mag man dieselben nun, wie Fränkel, durch Bohrung erhalten, mag man, wie wir, auf ihre Gewinnung durch allmähliches Abtragen der oberen Schichten angewiesen sein. Diesen Fundamentalsatz bacteriologischer Bodenforschung haben die Forscher vor Fränkel, entweder nicht beachtet, oder jedenfalls in ihren Schriften nicht so deutlich hervorgehoben, dass man daraus auf eine strikte Befolgung schliessen könnte.

Fassen wir noch einmal die Gesetze der Methodik der bacteriellen Bodenuntersuchung zusammen, so lassen sich folgende Thesen aufstellen:

1. Alles, was mit der zu untersuchenden Bodenprobe selbst in Berührung kommt, muss durchaus steril sein; vom Augenblick der Entnahme an bis zur Einschüttung in die zu Rollröhrchen bestimmten Gelatinegläschen muss eine äussere Verunreinigung möglichst ausgeschlossen werden;

2. Nur absolut frisch entnommenes Material und solches, das sofort untersucht werden kann, ist brauchbar;

3. Die Untersuchung gleicher Volumentheile führt zu zuverlässigeren Resultaten, als die gleicher Gewichtsmengen;

4. Das zu untersuchende Quantum Erde muss so mit der Gelatine zusammengebracht werden, dass möglichst alle Keime zum Auswachsen kommen können.

Fränkel hatte für seine Versuche $^{1}/_{50}$ ccm als Volumenmaass gewählt; da die Resultate besonders bei den tieferen Bodenschichten um so zuverlässiger sein müssen, je grösser die zu untersuchenden Erdproben sind, erhöhten wir die Grösse der einzelnen Proben auf $^{1}/_{10}$ ccm.

Für die Gewinnung des zu verarbeitenden Materials war uns der Umstand sehr willkommen, dass mit der Anlage einer Canalisation der Stadt Jena begonnen wurde; es war dadurch die Gelegenheit geboten auf lange bewohntem städtischen Terrain an Plätzen in verschiedenen wechselnden Tiefen zuverlässige Proben zur Prüfung zu gewinnen; daneben zogen wir auch unbebauten Boden der Stadt in den Bereich der Untersuchung.

Das hiesige Terrain schien uns besonders zur Untersuchung geeignet: einmal wegen seines sehr wechselnden Charakters und sodann wegen seiner trotz dieses Wechsels bestehenden durchgreifenden Verschie-

denheit dem von Fränkel untersuchten Boden gegenüber. Fränkel untersuchte Sandboden, wir kalkhaltigen lehmigen Boden. Ein weiterer Umstand von Interesse war darin gegeben, dass an manchen Punkten des Stadtgebiets und seiner Umgebung das Grundwasser ziemlich hoch steht; dies gilt besonders von einem Kirchhof in dem unmittelbar bei Jena durch die Saale von ihm getrennten Dorf Wenigenjena. Ein Gegenstück dazu bildet der hiesige städtische Begräbnissplatz. Derselbe liegt verhältnissmässig hoch, ein in seiner unmittelbaren Nähe angelegter Brunnen misst bis zum Wasserspiegel 20^{m}.

Da der Fränkel'sche Bohrer, wie angedeutet, für uns nur in wenigen Fällen sich anwenden liess, so waren wir darauf angewiesen, unsere Proben aus der Tiefe durch schichtweises Abgraben zu erlangen. Bei der Entnahme der Proben selbst bedienten wir uns sterilisirter Reagensgläser, deren Mündung unmittelbar vor der Benutzung noch einmal ausgeglüht wurde, und welche dann mit sterilem Watteverschluss versehen an die Ausschachtung gebracht wurden. Die Aufnahme der Probe in's Gläschen geschah durch dieses selbst, falls nöthig unter Zuhülfenahme eines ausgeglühten Messers. Die Proben wurden stets ganz frisch unmittelbar nach der Aufdeckung entnommen, sofort in das Laboratorium getragen und dort alsogleich verarbeitet. Wurden zwei oder drei Proben zugleich aus verschiedenen Tiefen geholt, so wurden die tiefstentnommenen stets vor den oberen angesetzt.

Hinsichtlich der Bearbeitung der Proben selbst mussten wir, wie bereits erwähnt, das Fränkel'sche Verfahren etwas abändern. Wir vermischten $^1/_{10}$ ^{ccm} Erde in einem Achatmörser mit verflüssigter erwärmter Gelatine und verrieben diese Mischung bis zur feinsten Zertheilung mit dem Pistill. Bereits früher ist ein ähnliches Verfahren von Hüppe geübt worden, jedoch mit dem Unterschied, dass dieser die Erdproben, welche er untersuchte, ohne Gelatine im Mörser pulverte. Es ist klar, dass dies nur bei trockenem Materiale möglich ist, feuchte Proben sind dazu weniger geeignet.

Der von uns benutzte Mörser wurde vor jeder Untersuchung mit Sublimatlösung 1:1000 sorgfältigst ausgerieben, mit destillirtem Wasser wiederholt nachgespült und endlich nach energischem Auswischen mit sterilisirter Watte solange mit der hohlgeschliffenen Seite über die Flamme gehalten, bis er sich als gänzlich trocken erwies. Das Pistill wurde in gleicher Weise behandelt.

Wie man sich nach der Anfertigung der Rollröhrchen durch Lupe und Mikroskop überzeugen kann, ist die Vermischung in der That eine derartige, dass wir glauben, durch diese Behandlung den einzelnen Keimen möglichst ausgiebige Gelegenheit zum Auswachsen zu geben.

Das Abmessen der Erdmengen geschah durch einen Metalllöffel, der in gestrichen vollem Zustande nach Abstreichen der überragenden Erdtheilchen mit dem geglühten Messer gerade $^{1}/_{10}$ ccm fasste.

Nachdem sein Inhalt in den Mörser gegeben, wurde die zerflüssigte Gelatine hinzugegossen; es folgte dann die gründliche Verrührung durch das Pistill.

Die Einfüllung der im Mörser befindlichen Mischung in die Röhrchen geschah vermittelst eines Stahllöffels. Die Oberflächenproben und diejenigen aus 1 und 2 m wurden um die Zählung zu erleichtern nach der Verrührung in 5 bis 7 Gläschen vertheit, bei Erde aus grösserer Tiefe genügten 2 bis 4 Röhrchen wegen des geringeren Keimgehalts. War alle Flüssigkeit aus dem Mörser entleert, so blieb trotz des wiederholten Umrührens mit dem Löffel noch ein geringer Bodensatz zurück, der sich durch Nachspülen mit Gelatine so gut wie vollständig entfernen liess.

Die gefüllten Röhrchen wurden nach der Esmarch'schen Methode gerollt. Bevor man damit beginnt, thut man gut, die Röhrchen im Interesse der gleichmässigen Keimvertheilung ein paar Mal sanft hin und her zu wiegen, aber so, dass die Gelatine nicht in Berührung mit dem Wattepfropf geräth und dadurch ein Keimverlust herbeigeführt wird.

Vor jeder Untersuchung wurde eine sterile Glasplatte auf den Tisch gelegt, auf welche die beiden Löffel das Messer und der Platindraht nach ihrem Ausglühen zu liegen kamen; auf eine zweite daneben liegende Platte ward die zu untersuchende Erdprobe geschüttet; während die nöthigen Gelatineröhrchen in einem Topf mit Wasser über der Gasflamme angewärmt wurden, war die Sterilisation des Mörsers und der übrigen Geräthschaften bewerkstelligt. Die Zeit vom Moment des Beginns der Vorbereitung bis zur Fertigstellung des letzten Rollröhrchens betrug etwa 15 bis 25 Minuten. Die Zählung der Colonieen in dem Röhrchen erfolgte mit dem von Esmarch angegebenen Zählapparat, nach den von ihm angegebenen Regeln.

Namentlich bei den Röhrchen, welche mit Proben der oberen Erdschichten gefüllt sind, muss man besonders dann, wenn dieselben in warmer Umgebung lagern, sehr genau den richtigen Zeitpunkt der Zählung abpassen, da oft in kurzer Zeit eine solche Verflüssigung eintritt, dass eine Zahlenbestimmung überhaupt nicht mehr gelingt. Wenn auch durch die Nothwendigkeit, schon bald derartige Röhrchen zu zählen, sicher ein gewisser Fehler in die Rechnung eingeführt wird, da in der kurzen Zeit ein Auswachsen sämmtlicher Keime zu Colonieen nicht statthat, so ist dennoch die Esmarch'sche Methode ihrer Einfachheit wegen um so eher zu wählen, als jener Versuchsfehler sich auf die oberflächlichen Schichten

erstreckt, deren genauer Keimgehalt weniger interessirt, bei den tieferen Bodenlagen kommt er nicht in Betracht, da man die entsprechenden Röhrchen viel länger liegen lassen kann.

Um die Zuverlässigkeit unserer Untersuchungstechnik zu erproben, verarbeiteten wir zweimal durch mehrmaliges Ausglühen steril gemachte Erde in genau der gleichen Weise, wie beschrieben wurde, und erhielten folgende Resultate.

Versuch 1		Versuch 2	
	Colonieen		Colonieen
Röhrchen 1 . . .	0	Röhrchen 1 . . .	0
„ 2 . . .	2	„ 2 . . .	0
„ 3 . . .	0	„ 3 . . .	3
„ 4 . . .	1	„ 4 . . .	1
„ 5 . . .	0	„ 5 . . .	0

Von den Ergebnissen der vorstehend genannten quantitativen Bodenuntersuchungen auf Mikroorganismen beanspruchen diejenigen der oberflächlichsten Erdlagen erklärlicher Weise geringeres Interesse, als diejenigen der tieferen Schichten. Dass sich überall da, wo sich organisches Leben abspielt, wie das auf dem Boden fast überall geschieht, eine grosse Keimzahl finden muss, geht schon aus theoretischen Erwägungen hervor; daneben liegt in der Natur der Sache, dass die Keimmenge an und für sich hier je nach dem Orte eine sehr wechselnde sein wird. Je nachdem einem Terrain mehr oder weniger zersetzungsfähige Substanzen zugeführt werden, wird dasselbe unter sonst gleichen Bedingungen sich reicher oder ärmer an Keimen erweisen. Des Weiteren kommt eine ganze Reihe anderer Momente in Betracht, deren Vorhandensein oder Fehlen an diesem oder jenem Ort, sei es permanent, sei es zeitweise, bedeutend modificirend auf den Mikroorganismengehalt einzuwirken im Stande ist.

Mit diesen Fragen hat sich besonders Maggiora eingehend beschäftigt; derselbe gelangte aus der Verschiedenheit der an der Bodenoberfläche gefundenen Zahlen zu weitgehenden Behauptungen. Zunächst constatirte auch er die Abhängigkeit der Zahlengrössen von der Menge und Beschaffenheit der vorhandenen organischen Substanz. Ferner fand er um so weniger Keime, je höher die untersuchte Oertlichkeit über dem Meeresspiegel lag und je undurchdringlicher der Boden für Luft war. Einen grossen Einfluss endlich übt nach ihm die verschiedene Natur des Bodens selbst aus: Sand fand er z. B. keimärmer, als Thon und Humus. Die von ihm festgestellten Zahlenergebnisse selbst sind grösstentheils ganz

enorme; z. B. fand er in 1 grm Turiner Strassenbodens 78, in 1 grm Ackerland 11 Mill. Keime.

Im Gegensatze dazu sind die Werthe, welche Adametz auf Ackerterrain nachweisen konnte, erheblich geringer

in 1 grm sandigen Bodens:

an der Oberfläche:	in 20 bis 25 cm Tiefe:
380,000 K.	460,000 K.

in 1 grm lehmigen Bodens:

an der Oberfläche:	in 20 bis 25 cm Tiefe:
500,000 K.	404,000 K.

Aehnlich sind Miquel's Zahlen.

Er fand im Strassenstaub (1 grm):

der Rue de Rennes: 1·300,000 K.
„ „ Monge: 2·100,000 „

Ferner in 20 cm Tiefe:

Im Park von Montsouris 700,000 K.

In Gennevilliers { Auf mit Abwässern übergossenem Terrain: 870,000 K.
Auf gedüngtem Ackerland: 900,000 „

Erwähnt mag eine specielle Angabe von Adametz über die Anzahl der Schimmelpilze werden. Er fand davon in 1 grm sowohl sandigen wie lehmigen Bodens an der Oberfläche, wie in 25 cm Tiefe 40 bis 50 Sporen.

Was die Keimmenge in grösserer Tiefe betrifft, so stellte zuerst Koch an der Hand seiner freilich sehr wenigen, lediglich zur Winterzeit ausgeführten Untersuchungen fest, dass mit zunehmender Tiefe sehr bald ein starker Abfall eintritt. Bereits in 1 bis 2 m erwies sich ihm der Boden so gut wie keimfrei, was ihn damals schon zu Zweifeln führte, gegenüber der allgemein herrschenden Ansicht von dem regen Mikroorganismenleben des Grundwassers und dessen Nachbarschaft.

Zwar vermochten einen Keimabfall mit zunehmender Tiefe auch Maggiora, Beumer uud Smolenski festzustellen, doch bewegen sich ihre Zahlenresultate nicht entfernt in den niederen Grenzen Koch's.

So fand Beumer auf stark verunreinigtem sandig-humösem Terrain in den Proben, welche er aus 3 zu dem Zweck daselbst angelegten Bohrlöchern entnommen hatte, pro Cubikcentimeter:

Tiefe	Bohrloch I.	II.	III.
4 m	$^3/_4$ Mill.	$1^1/_2$ Mill.	10 Mill.
5 „	384,000	$1^1/_2$ „	8 „
6 „	210,000	$1^1/_2$ „	5 „

Von besonderem Interesse sind für uns seine Kirchhofsuntersuchungen. Bei diesen giebt er übrigens im Gegensatz zu den anderen Versuchen

speciell an, dass er die Aufgüsse sofort nach der Entnahme hergestellt und auch sogleich die Platten angefertigt habe.

Auf einem Begräbnissplatz, auf dem seit 45 Jahren keine Beerdigung mehr stattgefunden hatte, fand er:

in 4 Fuss Tiefe	(sandiger Humus)	1,152,000	K. pro Cubikcentimeter
„ 5 „ „	(humöser Sand)	672,000	„ „ „
„ 6 „ „	(gelber „	438,000	„ „ „

Weiter untersuchte er das Erdreich zwischen zwei Leichenhügeln, in deren einem der Todte seit $1^1/_2$, in deren anderem zwei Leichen seit 19 resp. $35^1/_2$ Jahren ruhten.

Hier erhielt er folgende Zahlen:

in 4 Fuss Tiefe	(humöser Sand)	1,248,000	K. pro Cubikcentimeter.
„ 5 „ „		1,344,000	„ „ „
„ 6 „ „		260,000	„ „ „

Im Gegensatze zu Koch fand Smolenski die dem Grundwasser benachbarten Erdschichten äusserst keimhaltig.

Dagegen wurden Koch's Vermuthungen voll bestätigt durch die Untersuchungen Fränkel's. Dieselben umfassen zum grösseren Theil jungfräulichen Boden, auf welchem an einigen Stellen das Grundwasser erreicht ward.

An der Oberfläche dieses Terrains schwankten die Keimzahlen zwischen 50,000 und 350,000 pro Cubikcentimeter. Mit zunehmender Tiefe constatirte auch er einen schnellen Abfall der Keimzahl, der in wechselnder Tiefe von $^3/_4$ bis $1^3/_4$ ^m^ eintrat, bis zur völligen Keimfreiheit; in einzelnen Fällen fand sich die letztere bereits in $1^1/_2$ ^m^ Tiefe. Die Region des Grundwassers ($4^1/_2$ bis 5 ^m^ tief) fand er keimfrei oder jedenfalls sehr arm an Mikroorganismen.

Eine kleinere Reihe von Versuchen stellte er auf städtischem bebautem Terrain an, wo er im Wesentlichen zu gleichen Resultaten kam, das Grundwasser selbst ward hier nicht erreicht.

Wir lassen nunmehr unsere Untersuchungen folgen, an deren Aufzählung sich die Besprechung der durch dieselben festgestellten Ergebnisse anreihen wird.

Hauptreihe I.

Versuche auf jungfräulichem, ausserhalb der Stadt Jena gelegenem Acker- und Wiesenland.

Versuch I. 14. März 1888.

Steinbruch am Abhange neben der von Jena nach Burgau führenden Fahrstrasse. Im Laufe des letzten Monats ist seitlich von der senkrecht abfallenden Wand des Steinbruchs eine etwa $^3/_4$ m dicke Schicht abgetragen, nachdem die Arbeit vorher längere Zeit geruht hatte. An der Oberfläche befindet sich umgepflügtes Ackerland, welchem sich eine etwa 3 m dicke Lehmschicht anschliesst. Unter dieser folgt gelblich gefärbter Kies, aus kleineren und grösseren Steinen bestehend, mit lockerem feinerem Gerölle dazwischen; diese Schicht ist etwa 1 m hoch. Darunter findet sich in Ausdehnung von etwa $1^1/_2$ m lockerer, weissgrünlich gefärbter Sand; zu unterst endlich lagert mittelfester weisser Sandstein, der sich durch Hammerschläge nicht unschwer zerbröckeln lässt. Es werden aus verschiedenen Schichten Proben entnommen, nachdem jedesmal zuvor seitlich noch etwa 20 cm abgetragen worden sind. Von der obersten Sandsteinparthie wird, nach dem die oberflächlichsten Lagen mit der Hacke gelöst worden, aus einer seitlichen Tiefe von ca. 10 cm ein Stück zur Untersuchung herausgeschlagen.

Probe 1:	Oberfläche von der Ackerkrumme .	pro Ccm. 2,564,800	Keime
„ 2:	2 m tief aus der Lehmschicht . .	„ „ 23,100	„
„ 3:	$3^1/_2$ m tief aus der Kiesschicht . .	„ „ 6170	„
„ 4:	$4^1/_2$ m tief a. d. lockeren Sandschicht	„ „ 1580	„
„ 5:	6 „ „ „ „ dem Sandstein, der gepulvert wird	0	„

Versuch IV. (Bohrung.) 6. Mai 1888.

Wiesenland, an der Saale gelegen, von zahlreichen Bäumen, namentlich Weiden bewachsen, sehr feuchtes Terrain, das sich im Sommer eines ausserordentlich üppigen Gras- und Pflanzenwuchses erfreut und häufig durch die Saale überfluthet wird. Der Boden ist lehmig und fast steinfrei, so dass es hier gelingt, die Proben vermittelst des Bohrers zu gewinnen. Die Entnahmestelle liegt ca. 4 m vom Saaleufer entfernt.

Probe 1:	unmittelbar unter der Oberfläche .	pro Ccm. 524,500	Keime
„ 2:	$^1/_2$ m tief	„ „ 317,000	„
„ 3:	1 „ „	„ „ 142,900	„
„ 4:	$1^1/_2$ m tief	„ „ 5800	„

Die aus $1^1/_2$ m Tiefe heraufgebrachte Probe erwies sich als sehr feucht durch das an dieser Stelle vielleicht als Saalewasser aufzufassende Grundwasser.

Versuch V. (Bohrung.) 7. Mai 1888.

Gleiches Wiesenland wie im Versuch IV, doch befindet sich die Entnahmestelle der Proben in diesem Versuch etwa 100 m entfernt von der Saale; der Boden macht hier einen im ganzen trockneren Eindruck.

Probe 1: Oberfläche . . . . pro Ccm. 968,900 Keime
„ 2: 1 m tief . . . . „ „ 444,900 „
„ 3: 1 3/4 m tief . . . . „ „ 3560 „

Bei diesem Versuch lässt sich an der Probe aus 1 3/4 m Tiefe kein merkbarer Unterschied hinsichtlich des Feuchtigkeitsgehalts gegenüber derjenigen aus 1 m erkennen.

Versuch VII. (Bohrung.) 1. Juni 1888.

Gleiches Wiesenterrain wie im Versuch IV. und V. Platz der Bohrung liegt in einer Entfernung von etwa 50 m vom Flusse.

Probe 1: Oberfläche . . . . pro Ccm. 390,840 Keime
„ 2: 3/4 m tief . . . . „ „ 164,700 „
„ 3: 1 1/2 m tief . . . . „ „ 7800 „

Probe 3 ist auch in diesem Fall nicht besonders feucht, doch ist sowohl bei diesem Versuch wie bei Nr. 5 anzunehmen, dass die tiefstentnommenen Proben aus unmittelbarer Nähe des Grundwassers stammen.

Bei den folgenden drei Versuchen sind die Proben drei Gruben entnommen, welche auf einem Terrain angelegt wurden, um dieses auf seine Brauchbarkeit für die Anlage eines Kirchhofes zu prüfen. Dasselbe stellt ein ausserhalb der Stadt Jena hinter Camsdorf zur Seite der nach Bürgel führenden Fahrstrasse gelegenes, sanft ansteigendes Gelände dar, welches ca. 20 bis 30 m über dem Saalespiegel liegt. Dasselbe dient seit lange dem Ackerbau und ist nur oberflächlich durch den Pflug gebrochen worden. Auf diesem Gebiet wurden in verschiedener Höhe drei Ausschachtungen angelegt, und die aus diesen in verschiedenen Tiefen entnommenen Proben auf ihren Keimgehalt untersucht.

Versuch IX. 7. Juni 1888.

Höchstgelegene Grube: An der Oberfläche etwa 20 cm dicke, lockere Humusschicht, welcher sich Kies anschliesst, der oben mehr lehmige, unten sandige Einschliessungen enthält. Bereits in 75 cm Tiefe finden sich kleinere und grössere Steine mit feinem Sande untermischt. Je tiefer man eindringt, desto fester wird das Gefüge. Bereits in 2 m hat die Schicht eine solche Festigkeit, dass ein weiteres Vordringen für Hacke und Spaten unmöglich erscheint und es nur gelingt, kleinere Splitter des Sandgefüges

mit Gewalt zu entfernen. Bei der der Oberfläche entnommenen Probe drohte bereits am 8. Juni früh eine solche Verflüssigung, dass die Zählung nur noch mit grosser Mühe bewerkstelligt werden konnte.

Probe			
Probe 1:	Oberflächliche Humusschicht	pro Ccm.	161,800 K. (wahrscheinlich mehr)
„ 2:	20^{cm} tief a. d. Beginne d. lehmigen Kieslage	pro Ccm.	87,300 K.
„ 3:	75^{cm} „ „ „ Kiesgerölle	„ „	27,900 „
„ 4:	$1^{1}/_{2}{}^{m}$ „ „ „ „	„ „	540 „
„ 5:	2^{m} zerstossene Splitter aus d. Sandgefüge	„ „	0 „

Versuch X. 3. Juni 1888.

Grube in mittlerer Höhe angelegt: Oberflächlich wiederum etwa 20^{cm} dicker Humusboden, darunter bis in eine Tiefe von 1^{m} reichend ziemlich grober Kies mit feinerem Geröll zwischen den Steinen. Darunter liegt bis zu 4^{m} grünlich grauer sehr consistenter Lehmboden, der von letztgenannter Tiefe an durch ein lehmiges Erdreich von mehr sandigem Charakter, stärkerer Grünfärbung und grösserem Feuchtigkeitsgehalt ersetzt wird. Die Ausgrabung reicht bis zu 4^{m} 20^{cm} Tiefe.

Probe			
Probe 1:	Oberflächliche Humusschicht . .	pro Ccm.	Unzählige Keime (verflüssigt)
„ 2:	1^{m} tief — Ende der Kieslage . . .	„ „	81,900 „
„ 3:	2 „ „ Lehmschicht	„ „	400 „
„ 4:	3 „ „ „	„ „	120 „
„ 5:	$4{\cdot}20^{m}$ tief feuchter grüner Lehm	„ „	0 „

Versuch XI. 9. Juni 1888.

Am tiefsten gelegene Grube: Oberflächlich $^{1}/_{4}{}^{m}$ dicke Humuslage, darunter bis zu 1^{m} lehmig-kiesiges Erdreich, sodann bis auf den Boden der Ausschachtung in 3^{m} 20^{cm} Tiefe grünlich grauer, fester Lehm.

Probe			
Probe 1:	Oberflächliche Humusschicht . .	pro Ccm.	192,600 Keime (wahrsch. mehr)
„ 2:	1^{m} tief, Grenze der Kiesschicht .	„ „	69,300 „
„ 3:	2 „ „ Lehmschicht	„ „	9000 „
„ 4:	$3{\cdot}20^{m}$ tief „	„ „	700 „

Versuch XXX. 29. Juni 1889.

Hochgelegenes sanft ansteigendes zur Seite der von Jena nach Löbstedt führenden Fahrstrasse gelegenes unbewohntes Terrain. Dasselbe hat seit langer Zeit dem Ackerbau gedient und ist seit kurzer Zeit zu einem neuen städtischen Kirchhof umgewandelt worden.

Bis in eine Tiefe von 1·80 m findet sich ziemlich festes, bräunlich-gelbes, lehmig-humöses Erdreich, darunter folgt sehr fester, bräunlich-roth gefärbter Thon.

			Verflüssigt
Probe 1: Oberfläche	. . . .	pro Ccm.	Verflüssigt
„ 2: 1 m tief	aus dem bräunlich-gelben	„ „	64,500 Keime
„ 3: 1·75 m tief	lehmig-humösen Erdreich	„ „	420 „
„ 4: 2 m tief aus dem bräunlich-rothen Thon		„ „	0 „

Hauptreihe II.

Versuche auf städtischem, theilweise stark verunreinigtem und bis zu bestimmter Tiefe aufgewühltem, Terrain.

Versuch II. 16. Mai 1888.

Ausschachtung im Garten des Gasthofs zum E. Dieselbe soll der Aufnahme von Canalisationsröhren dienen und verläuft unter dem zum Hauseingang führenden Wege dicht neben der Grundmauer des Gebäudes. Die angelegte Erdrinne hat eine Tiefe von etwa $2^1/_2$ m. Zu oberst lagert bis in eine Tiefe von $^1/_2$ m lockerer Bauschutt mit aufgefahrenem Kies. Darunter folgt bis auf den Grund des Schachtes lehmig erdiger Boden. Das Terrain ist bereits früher bis zu zwei Metern zum Zweck des Legens von Gasröhren aufgewühlt gewesen; im übrigen handelt es sich um ein sehr stark verunreinigtes Terrain, da seit Jahren alle möglichen Küchen- und sonstigen Hausabwässer über den besagten Weg gegossen worden sein sollen. Dazu finden sich in $1^1/_2$ m Entfernung von der Entnahmestelle der zu untersuchenden Proben zwei tiefe einfach von Erdwänden begrenzte sogenannte „Sickerlöcher“, Gruben, welche ebenfalls der Aufnahme von Schmutzwässern gedient haben. Das Niveau dieser Gruben liegt etwa $^1/_2$ m höher als dasjenige der Ausschachtung. Der Inhalt der Gruben ist oft übergeflossen und gleichfalls auf den Weg gelaufen.

Probe 1: Oberfläche	pro Ccm.	7,600,000 Keime
„ 2: $^1/_2$ m Tiefe aus der Geröllschicht .	„ „	585,000 „
„ 3: 1 „ „ „ „ Lehmschicht .	„ „	850,000 „
„ 4: $1^1/_2$ m „ „ „ „ .	„ „	167,000 „
„ 5: 2 m „ „ „ „ .	„ „	31,720 „
„ 6: $2^1/_2$ m „ „ „ „ .	„ „	36,820 „

Versuch III. 21. Mai 1888.

Blechwaarenfabrik an der Weimar-Geraer Bahnhofsstrasse. Zwei Meter tiefe Ausschachtung neben dem Gebäude. Der Boden ist angeblich noch

nicht eröffnet gewesen, ebenso wenig fand eine starke Verschmutzung desselben statt. Oberflächlich lagert eine dünne etwa 10 cm dicke Schicht Baugeröll, darunter folgt sehr fester lehmiger, mit vereinzelten Steinen untermischter Boden.

Probe 1: Oberfläche	pro Ccm.	390,600	Keime
„ 2: 0·75 m tief . . .	„ „	130,500	„
„ 3: 1½ „ „	„ „	20,600	„
„ 4: 2 „ „	„ „	860	„

Versuch VI. 31. Mai 1888.

Fahrdamm der Weimar-Geraer Bahnhofsstrasse. Derselbe stellte früher einen Hohlweg dar, auf welchem ein reger Verkehr nach der Stadt zu stattfand. Er ist an beiden Seiten von einer hohen Böschung eingeschlossen, auf welcher jetzt Häuser angebaut sind. Anfang der 70er Jahre ward die Strasse in ihrer jetzigen Gestalt angelegt, indem eine ca. 1 m hohe Kiesschicht aufgeschüttet ward. In dieser Tiefe fand zugleich das Legen von Gasröhren statt. Oberflächlich befindet sich an der Aufgrabestelle die aus groben Steinen bestehende Strassenpflasterung; die einzelnen Steine werden durch eine graue Zwischensubstanz, die theilweise äusserst fest, theilweise etwas bröcklich erscheint, zusammengehalten. Darunter folgt ca. 1 m dickes Kiesgeröll und unmittelbar daran schliesst sich lehmiges, steiniges Erdreich an.

Probe 1: aus dem Kiesgeröll unmittelbar unter der Pflasterung	pro Ccm.	278,000	Keime
„ 2: 1 m tief aus den untersten Lagen des Kiesbodens	„ „	124,800	„
„ 3: 2 m tief aus dem lehmigen Erdreich	„ „	750	„

Versuch VIII. 2. Juni 1888.

Aufgrabung im kleinen Hinterhof eines auf der Böschung der Weimar-Geraer Bahnhofsstrasse gelegenen Wohnhauses. Der Boden ist an der Entnahmestelle noch nicht aufgewühlt gewesen. Es wird nach Aussage der Bewohner seit langen Jahren viel Küchenabfall, und namentlich Kaffeesatz auf den Hof geschüttet. Dementsprechend zeigt die Oberfläche an der Stelle der Probenentnahme eine etwa 10 cm dicke schmierig anzufühlende, schwarze, feinkrumelige Schicht, von äusserst üblem Geruch. Darunter folgt gelblich aussehender sehr fester Lehmboden, dem Aussehen nach intact.

Probe 1: aus der schwarzen schlammig. Schicht pro Ccm. 1,232,100 Keime,
„ 2: 1 m tief aus der Lehmschicht . . . „ „ 15,820 „
„ 3: 1·60 m tief aus der Lehmschicht . . „ „ 360 „

Versuch XVIII (theilweise Bohrung).
20. Juli 1887.

Ziegelmühlenweg: Ausschachtung 2 m tief. Bis zu $^1/_2$ m Tiefe Strassenschmutz und Bauschutt, darunter continuirliche Schicht von (fast chemisch reinem) weissem Kalktuff, dem zur Fabrikation der sogenannten Ammerbacher Ziegel gebrauchten Material. Vom Grund der Ausschachtung aus wird noch bis zu 3 m Tiefe mit dem Bohrer eingegangen und aus dieser Tiefe feuchter Kalktuff entnommen:

Probe 1: Oberfläche . . . . pro Ccm. 432,400 Keime,
„ 2: 1 m tief sehr trockener Kalktuff „ „ 760 „
„ 3: 2 m tief weniger trockener Kalktuff „ „ 14,000 „
„ 4: 3 m tief sehr feuchter Kalktuff „ „ 100 „

Versuch XIX. 24. Septbr. 1887.

Grosser Canalisationsschacht vor dem Johannisthor $3^1/_2$ m tief. Zu oberst Strassenpflasterung, darunter etwa bis zu $^1/_2$ m Tiefe eine Schicht lockeren Schutts mit zahlreichen Scherben, Kohlen- und Holzüberresten vermengt. Anscheinend haben wir ein Terrain vor uns, welches vor dem ehemaligen Stadtthor gelegen, als Ablagerungsstätte für feste Hausabfälle gedient hat. In etwa 2 m Entfernung von der Entnahmestelle der Proben sieht man quer durch den angelegten Schacht die Reste einer dicken alten Festungsmauer ziehen, die in früherer Zeit die äussere Abgrenzung eines vor dem Thor um die eigentliche Stadtmauer herumgezogenen tiefen Festungsgrabens gebildet haben soll. Unter der erwähnten Schuttschicht findet sich braungefärbter, lehmiger mit zahlreichen Steinen untermischter Boden; derselbe reicht etwa bis zu 2 m Tiefe. In $1^1/_2$ m Gasrohre. Von 2 m ab bis zu 3·50 m continuirliche Schicht grünen festen Thones, welcher mit zunehmender Tiefe immer feuchter wird. Es ist dies jedenfalls unaufgeschütteter, sogenannter „gewachsener“ Boden.

Probe 1: Unter d. Pflasterung a. d. Schuttschicht pro Ccm. 319,200 Keime,
„ 2: $1^1/_2$ m braunes, lehmiges Erdreich . . „ „ 681,900 „
„ 3: $2^1/_2$ m grüner trockener Thon . . . . „ „ 410 „
„ 4: $3^1/_2$ m grüner feuchter Thon . . . . . „ „ 0 „

Versuch XX. 29. Septbr. 1888.

Gleiche Ausschachtung wie im Versuch XIX. Entnahmestelle am Eingang in die Bachgasse, vom Thore weiter entfernt. Die Erdschichten

verhalten sich von den im vorigen Versuch beschriebenen insofern abweichend, als die dort unter der Strassenpflasterung vorhandene Schuttschicht hier fehlt, es folgt auf erstere eine ca. 30 bis 40^{cm} dicke braune lehmig-steinige Erdpartie und hierunter sofort eine bis auf den Grund des Schachtes (3.20^{m}) reichende Thonschicht, die oben eine mehr gelblich grüne, unten eine mehr dunkelgrüne Färbung aufweist; zugleich ist dieselbe von 3^{m} an ziemlich, in $3 \cdot 20^{m}$ sehr feucht.

Probe 1:	Oberfläche	pro Ccm.	1,816,000	Keime,
„ 2:	1^{m} tief a. d. gelbl. gefärbt. Thonschicht	„ „	284,100	„
„ 3:	2^{m} „ „ „ „ „ „	„ „	2,930	„
„ 4:	$3 \cdot 20^{m}$ tief aus der dunkelgrünen feuchten Thonschicht	„ „	190	„

Versuch XXII. 20. Novbr. 1888.

Ausschachtung an der Leutra (Carl Zeiss-Platz), 3^{m} tief. Zu oberst lagert eine mit Bauschutt untermischte erdige Schicht von ca. $^{3}/_{4}{}^{m}$ Dicke; darunter liegt bis zu $1^{1}/_{4}{}^{m}$ schmutzig verfärbter Kalktuff, welcher von da ab bis auf den Grund der Ausschachtung reine grauweisse Farbe aufweist. Von $2^{3}/_{4}{}^{m}$ Tiefe an wird derselbe zunehmend feuchter, in 3^{m} steht Grundwasser.

Probe 1:	Oberfläche	pro Ccm.	1,420,000	Keime,
„ 2:	1^{m} tief aus dem schmutzig verfärbten Kalktuff	„ „	64,200	„
„ 3:	2^{m} tief a. d. reinen trockenen Kalktuff	„ „	590	„
„ 4:	3^{m} tief a. d. reinen feuchten Kalktuff	„ „	0	„

Versuch XXIII. 21. Novbr. 1888.

Die gleiche Ausschachtung wie im vorigen Versuch, ca. 150 Schritt davon entfernt (Krautgassenecke); hier ist dieselbe $3 \cdot 50^{m}$ tief. Zuoberst wieder eine etwa 1^{m} dicke mit Bauschutt untermischte Erdschicht, auf welche grünlicher Lehmboden folgt, der in $3 \cdot 50^{m}$ Grundwasser hervorquellen lässt.

Probe 1:	Oberfläche	pro Ccm.	834,000	Keime,
„ 2:	1^{m} tief a. d. grünlichen Thonschicht	„ „	742,600	„
„ 3:	2^{m} „ „ „ „ „	„ „	8,600	„
„ 4:	$3^{1}/_{2}{}^{m}$ tief aus der Grundwasserschicht	„ „	65	„

Hauptreihe III.

Kirchhofs-Versuche.

A. Jenaischer Kirchhof.

I. Gräber. Es handelt sich bei diesen Ausgrabungen um ein Terrain, welches mindestens schon fünf Mal in Zwischenräumen von ca. 35 Jahren für Begräbnisse gedient hat. Die Gräber wurden gewöhnlich ca. 1·50 ^{m} tief ausgegraben. Der Kirchhof liegt hoch und verhältnissmässig trocken.

Versuch XV. 30. Juni 1888.

Grab 1. Bis in 1·50 ^{m} fester lehmiger Boden; bei der Aufgrabung finden sich im Erdreich zahlreiche Knochenreste; zum Zweck der Untersuchung wird unterhalb der für gewöhnlich zur Aufnahme des Sargbodens bestimmten Schicht noch $^1/_2$ ^{m} tief ausgeschachtet; es findet sich hier gelblich aussehendes ziemlich lockeres mit Lehm untermischtes Kiesgerölle.

Probe 1: Oberfläche	pro Ccm.	1,890,000	Keime,
„ 2: 1 ^{m} tief aus der lehmigen Schicht .	„ „	460,400	„
„ 3: 1·60 ^{m} tief, d. h. unmittelbar unter dem Sargboden aus dem Kiesgerölle	„ „	170,300	„
„ 4: 2 ^{m} tief aus dem Kiesgerölle . . .	„ „	56,000	„

Versuch XVI. 1. Juli 1888.

Grab 2. Etwas weiter am Kirchhofsabhang abwärts gelegenes Grab. Auch hier bis in 1·50 ^{m} ziemlich feuchtes humusartiges Erdreich von zahlreichen Knochenresten durchsetzt. Es fallen hier im Erdreich der Seitenwände des Grabes zahlreiche kleine Salpeterkrystalle auf. Von 1·50 ^{m} bis 2 ^{m} folgt steiniger Boden und darunter eine Schicht festen grünlich aussehenden trockenen Thons (Mergel.)

Probe 1: Oberfläche	pro Ccm.	2,100,000	Keime,
„ 2: 1 ^{m} tief humöses Erdreich	„ „	985,400	„
„ 3: 1·80 ^{m} tief steiniger Boden . . .	„ „	244,600	„
„ 4: 2·10 ^{m} tief grüner Thon	„ „	15,600	„

Versuch XVII. 5. Juli 1889.

Grab 3 neben demjenigen des Versuchs XV. Erdschichten von gleicher Beschaffenheit wie in diesem.

Probe 1: Oberfläche	pro Ccm.	1,423,500	Keime,
„ 2: 1 ^{m} tief	„ „	674,050	„
„ 3: 1·50 ^{m} tief unt. Grenze d. Lehmschicht	„ „	411,460	„
„ 4: 2 ^{m} tief Kiesgeröll	„ „	39,000	„

II. Exhumirungen.

Versuch XXI im December 1888.

Exhumirung Nr. 1 einer vor $1^1/_2$ Jahren an Sepsis verstorbenen Person auf dem Jenenser Kirchhof. Oberfläche des Grabes zeigt keine Senkung. In Tiefe von etwa 80 cm findet sich der höchste Theil des Sargdeckels, derselbe ist nicht eingebrochen, sondern völlig intact. Bereits vor der Abhebung desselben macht sich ein unangenehmer Fäulnissgeruch bemerkbar. Das zu oberst den Deckel abschliessende Längsbrett wird leicht gelüftet, ein vor die geöffneten Fugen gehaltenes Licht erlischt, dasselbe geschieht mit einer in die Sarghöhlung hinabgelassenen Laterne; die aus dem Sarge aufsteigenden Gase verbreiten intensiven Fäulnissgeruch. Sarg selbst vollkommen gut erhalten, auf der Innenseite des Deckels zahlreicher Schimmel von weisser Farbe. Leiche selbst zeigt noch vollkommenen Zusammenhang der einzelnen Theile, Leibpartie stark aufgetrieben, die Gesichtszüge nicht mehr kenntlich, aber die Weichtheile des Gesichtes erhalten. Die ganze Leiche von einer weissen grauen schmierigen Schimmeldecke überzogen. Arme in den Gelenken gelockert. Das Erdreich ist bis zum Sargboden, der etwa in 1·50 m aufsteht, ziemlich feucht, von lehmig-erdiger Beschaffenheit; darunter folgt eine trockene, gelblich gefärbte Kies- und Lehmschicht. Es werden vier Proben entnommen von der Oberfläche, sodann unmittelbar aus der neben dem länglichen Abschlussbrett des Deckels befindlichen Fuge, die anscheinend den Gasen zum Austritt diente, weiter aus 1·20 m Tiefe neben dem Sarge und endlich aus 1·70 m unterhalb des Bodens desselben. Der hölzerne Sargboden ist vollkommen intact, unmittelbar unter ihm sind die Erdlagen etwas durchfeuchtet und übel riechend.

Probe 1:	Oberfläche	pro Ccm.	978,600 Keime,
„ 2:	0·80 m aus der Längsfuge unterh. des Verschlussbretts des Sargdeckels	„ „	76,100 „
„ 3:	1·20 m neben dem Sarge	„ „	548,200 „
„ 4:	1·70 m aus der trockenen Kiesschicht unter dem Sarge	„ „	65,300 „

Versuch XXIX. 16. März 1889.

Exhumirung Nr. 2 eines vor $1^1/_2$ Jahren verstorbenen Kindes auf dem Jenenser Kirchhofe. Sargdeckel in 90 cm Tiefe sehr gut erhalten aus Eichenholz. Beim Vordringen in die Tiefe ist Moder-, aber kein Fäulnissgeruch zu constatiren, ebensowenig beim Oeffnen des Sarges. Leiche fast ganz macerirt. Die Knochen des Schädels mit einem trockenen braunen Ueberzuge versehen, an der Innenseite des Sargdeckels Schimmel. Sarg-

boden vollkommen erhalten. Bis zum Sargboden lehmiges Erdreich, darunter von 1·50 m ab trockener Kies. Es werden Proben entnommen von der Oberfläche des umzäumten mit einer feinen Kiesstreuung versehenen Grabgebiets, sodann unmittelbar aus der Längsfuge unterhalb des obersten Verschlussbretts des Sargdeckels, drittens neben dem Sarge aus 1·20 m und endlich aus 1·60 m Tiefe unterhalb des Sarges.

Probe 1:	Oberfläche, feine Kiesstreuung . . .	pro Ccm.	320,100	Keime,
„ 2:	0·90 m tief Fuge neb. d. Sargverschlussbr.	„ „	38,600	„
„ 3:	1·20 m tief neben dem Sarge . . .	„ „	844,500	„
„ 4:	1·60 m tief aus der Kiesschicht unterhalb des Sarges	„ „	142,300	„

Versuch XXXI. Ende Juni 1889.

Exhumirung Nr. 3 einer vor ca. 1½ Jahren an Pneumonie verstorbenen erwachsenen männlichen Leiche. Sargdeckel erscheint in etwa 80 cm Tiefe. Schon vor dem Aufheben desselben bemerkt man einen äusserst unangenehmen Fäulnissgeruch, der noch stärker erscheint wie bei der ersten Exhumirung. Der Sarg ist ziemlich gut erhalten. Die Leiche ist von ähnlicher Beschaffenheit wie bei Nr. 1, auch vom Erdreich gilt das im XXI. Versuch Gesagte. Da der untere Theil des Sarges nach Heraushebung der Leiche durch die andrängenden Erdmassen einbricht, so kann eine Probe unterhalb des Sarges nicht gewonnen werden.

Probe 1:	Oberfläche	pro Ccm.	verflüss.	
„ 2:	0·80 m aus der Längsfuge neben dem Verschlussbrette des Sargdeckels . .	„ „	124,200	Keime,
„ 3:	1·20 m neben dem Sarge	„ „	342,600	„

B. Wenigenjenaer Kirchhof.

I. Gräber.

Die folgenden Versuche sind auf dem Kirchhofe zu Wenigenjena angestellt. Es handelt sich hier um einen Boden, in welchem ebenfalls bereits zu verschiedenen Malen Beerdigungen stattgefunden haben; das Gebiet dieses Begräbnissplatzes liegt im Gegensatz zum Jenenser Kirchhof nahe der Saale, ziemlich tief, und hat das Grundwasser hier infolgedessen einen hohen Stand. Nach Aussage des Ortsvorstehers kommt es mitunter vor, dass der Sargboden bei Beerdigungen im Wasser steht; die gewöhnliche für den Stand des Sargbodens bestimmte Tiefe beträgt 1·50 m unter der Oberfläche. Von dem darunter befindlichen Erdreich lässt sich annehmen, dass es unberührt ist. Gelegentlich stattfindender Beerdigungen werden in mehreren Grabanlagen zum Zweck der Untersuchung die Ausschachtungen bis auf die Grundwasser führende Schicht vertieft.

Versuch XII. 24. Juni 1888.

Grab 1: Es findet sich bis in $1^1/_2$ m Tiefe Humusschicht, darunter folgt eine ca. 1 m dicke Lage äusserst feinen gelblich grünen fliessenden Schwemmsandes, woran sich weiter abwärts grober Kies schliesst. In diesem stiessen wir in 2·60 m auf Grundwasser. Dasselbe hatte keinen Geruch.

Probe 1:	Oberfläche	pro Ccm.	1,060,000	Keime,
„ 2:	1 m Tiefe aus der Humusschicht . .	„ „	549,000	„
„ 3:	1·50 m Tiefe desgl., der Lage des alten Sargbodens entsprechend . .	„ „	170,000	„
„ 4:	2 m Tiefe aus dem Schwemmsand .	„ „	11,700	„
„ 5:	2.60 m Tiefe vom Grundwasser durchtränkte Kiesschicht	„ „	27,000	„

Versuch XIII. 11. Juni 1888.

Grab 2: Zu oberst 1·50 m Humus, in genannter Tiefe deutliche, schwarz gefärbte, sehr brüchige Holzreste vom Sargboden. Bis zu 3 m folgt hierauf Schwemmsand. Unmittelbar unter diesem gelblicher Kies, in dem sogleich das Grundwasser in einer Tiefe direct unterhalb 3 m zu Tage trat.

Probe 1:	Oberfläche	pro Ccm.	983,000	Keime,
„ 2:	1 m tief Humusschicht	„ „	436,700	„
„ 3:	$1^1/_2$ m tief „	„ „	581,300	„
„ 4:	2 m tief Schwemmsand	„ „	5,400	„
„ 5:	3 m tief Beginn d. Kiesschicht, Grundw.	„ „	16,600	„

Versuch XIV. 21. Juni 1888.

Grab 3: Bis zu 2 m unter der Oberfläche Humus, darunter 1 m dicke Schicht trockenen grauen Schwemmsandes, der von 2·50 m ab feuchter wird und rostig gelbe Farbe aufweist. Darunter folgt grauweisser kiesig-steiniger Boden, aus welchem in 3·20 m das Grundwasser hervorquillt.

Probe 1:	Oberfläche	pro Ccm.	verflüssigt,	
„ 2:	2·25 m tief aus d. grauen Schwemmsand	„ „	12,900	Keime,
„ 3:	2·60 m tief aus dem rostigen, feuchten Schwemmsand	„ „	8,000	„
„ 4:	3·20 m tief aus der Grundwasserschicht	„ „	22,900	„

Versuch XXVIII. 28. Novbr. 1888.

Grab 4: Bis in eine Tiefe von etwa 2 m humöses Erdreich, darunter bis zu 3 m trockener Schwemmsand, unter diesem grobes Steingeschiebe

mit zahlreichen deutlich vom Wasser abgeschliffenen Steinen und lockerem feinem Geröll dazwischen. Grundwasser in 3·30 m. Sargboden in 1·80 m.

Probe 1:	Oberfläche	pro Ccm.	869,000 Keime,
„ 2:	1 m tief humöse Schicht . .	„ „	742,500 „
„ 3:	2 m tief Schwemmsand . .	„ „	14,700 „
„ 4:	3·30 m tief Kiesgerölle . .	„ „	23,600 „

II. Ausgrabungen in der Umgebung des Kirchhofs.

Versuch XXIV. 23. Novbr. 1888.

Gemüsegarten neben dem Wenigenjenaer Kirchhof ca. 4 m von den letzten an der Grenze desselben liegenden Gräbern entfernt in nördlicher Richtung und im Oberstrome des der Saale zufliessenden Grundwassers. Zu oberst lagert eine ca. 1 m dicke lehmige Humusschicht, welche bis zur genannten Tiefe mit zahlreichen Ziegelstückchen untermischt ist. Darunter folgt feiner Kies von grauer Färbung mit gröberem Steinwerk untermischt. Mit zunehmender Tiefe nimmt derselbe eine mehr röthliche Farbe an. In 2·50 m Tiefe quillt nicht riechendes Grundwasser hervor.

Probe 1:	Oberfläche	pro Ccm.	1,867,200 Keime,
„ 2:	1 m tief Ende der Humusschicht . .	„ „	645,400 „
„ 3:	2 m tief Kiesschicht	„ „	23,200 „
„ 4:	2·50 m tief Grundwasser führende röthliche Kiesschicht	„ „	31,650 „

Versuch XXV. 24. Novbr. 1888.

Obstgarten westlich vom Kirchhof mit spärlicher Grasbewachsung, ca. 20 m von den letzten Gräbern entfernt. An der Oberfläche 1 m tiefe humöse Schicht von zahlreichen Baumwurzeln durchzogen; darunter grober Kies. Grundwasser in $2^1/_2$ m. Bis zu 2 m Tiefe, in welcher sich der Zahn eines Wiederkäuers findet, macht der Boden den Eindruck eines bereits umgewühlt gewesenen Terrains.

Probe 1:	Oberfläche	pro Ccm.	1,540,600 Keime,
„ 2:	1 m tief Humusschicht	„ „	890,500 „
„ 3:	2 m tief Ende derselben	„ „	26,900 „
„ 4:	$2^1/_2$ m tief Grundwasser führende grobe Kieslage	„ „	45,760 „

Versuch XXVI. 25. Novbr. 1888.

Gemüsegarten östlich vom Kirchhof ca. 15 m davon entfernt. Bis zu 1·80 m Bauschutt enthaltender lehmig-erdiger Boden. Darunter etwa

20 ^{cm} dicke Schicht von grau-grünem mit Lehm durchmischtem Sand von feuchter Beschaffenheit; von 2 ^{m} an Kies, in 2·20 ^{m} Grundwasser.

Probe 1: Oberfläche . . . . pro Ccm. 2,320,000 Keime,
„ 2: 1 ^{m} tief . . . . „ „ 890,600 „
„ 3: 2 ^{m} tief aus der lehmigen Sandschicht „ „ 70,200 „
„ 4: 2·20 ^{m} tief a. d. Grundw. führd. Schicht „ „ 68,500 „

Aus dem trüben Grundwasser wird am nächsten Morgen nach dem Absetzen eine Probe zur Untersuchung entnommen, welche pro Ccm. 1350 Keime enthält.

Versuch XXVII. 26. Novbr. 1888.

Grube südlich vom Kirchhof gelegen, ca. 40 ^{m} von demselben entfernt. Obst- und Gemüsegarten. Bis in eine Tiefe von etwa 2 ^{m} aufgewühlter Humusboden; bis $^{3}/_{4}$ ^{m} tief zahlreiche, ziemlich kräftige Wurzeln sichtbar. Bis $2^{1}/_{2}$ ^{m} folgt feuchte Sandschicht, darunter grober Kies, in diesem 3 ^{m} tief das Grundwasser.

Probe 1: Oberfläche . . . . pro Ccm. 960,300 Keime,
„ 2: 1 ^{m} tief Humusschicht . . . . „ „ 545,400 „
„ 3: 2 ^{m} tief Beginn der Sandschicht . . „ „ 10,200 „
„ 4: 3 ^{m} tief Kies mit Grundwasser . . . „ „ 9,700 „

Die vorstehenden 31 Versuche sind in drei grosse Gruppen geordnet, deren Resultate im Folgenden einer gesonderten Besprechung unterworfen werden sollen.

In der ersten Hauptreihe von Ausgrabungen handelt es sich um Terrain, das, abseits von den Stätten menschlichen Wohnens gelegen, einmal auf seiner Oberfläche keinen wesentlichen Verunreinigungen ausgesetzt gewesen ist, und das sodann zwar in seinen allerobersten Lagen durch den Pflug gebrochen wurde, im Uebrigen aber gewachsen ist, d. h. von Menschenhand nicht aufgeschüttetes oder umgegrabenes Erdreich darstellt.

Die zweite grosse Hauptgruppe umfasst diejenigen Untersuchungen, welche auf bewohntem, städtischem Terrain angestellt worden sind; die dritte und letzte grosse Abtheilung bilden die Kirchhofsausgrabungen in Jena und Wenigenjena.

Die Versuche der ersten Hauptreihe, acht an der Zahl, umfassen sämmtlich Acker- resp. Wiesenland und zwar das letztere unmittelbar über dem Spiegel der Saale gelegen, daher feucht und von ziemlich hohem Stand des Grundwassers, während der zur Untersuchung gezogene Ackergrund im Gegensatz dazu verhältnissmässig hoch über dem Niveau des Flusses liegt.

Die Betrachtung der in diesen Versuchen festgestellten Zahlen ergiebt zunächst, dass dieselben im Wesentlichen durchaus den Fränkel'schen Resultaten entsprechen, demnach in Gegensatz treten zu den von anderen Forschern erzielten Ergebnissen.

Auch für die oberflächlichen Schichten des festen kalk- und lehmhaltigen Bodens der Umgegend Jenas findet sich, wie auf dem sandigen, von Fränkel untersuchten Boden Berlins eine sehr bedeutende Keimzahl. Bis zu einer gewissen zwischen verhältnissmässig engen Grenzen schwankenden Tiefe bleibt dieselbe ziemlich hoch, um dann mit einem Schlage abzufallen. In den unterhalb dieser Grenze gelegenen Schichten findet man verhältnissmässig geringe Keimzahlen, sogar völlige Keimfreiheit.

Bei Versuch 1 ist diese plötzliche Verminderung der Mikroorganismen unterhalb verhältnissmässig stark mit Keimen besetzter Schichten deshalb nicht so prägnant zu constatiren, weil hier die der Oberfläche zunächst entnommene Probe erst aus einer Tiefe von 2 m stammt. Dagegen tritt bei den 7 übrigen Zahlenreihen der sprungweise Abfall sehr deutlich zu Tage; er findet sich hier zwischen 1 und 2 m, wie das durch die nebenstehende Tabelle veranschaulicht werden mag. Die darin angegebenen Zahlen bedeuten Keime pro Cubikcentimeter.

Schichttiefe	Versuch 1	Versuch 4	Versuch 5	Versuch 7	Versuch 9	Versuch 10	Versuch 11	Versuch 30
					(sehr früh verflüssigt)		(sehr früh verflüssigt)	
Oberfläche	2,564,800	524,500	968,900	390,840	161,800?	verflüss.	192,600?	verflüss.
0·75 m	—	—	—	164,700	27,900	—	—	—
1 m	—	142,900	444,900	—	—	81,900	69,300	64,500
1·50 m	—	5,800	—	7,800	540	—	—	—
1·75 m	—	—	3,560	—	—	—	—	420
2 m	23,100	—	—	—	0	400	9,000	0

In zweien der genannten Versuche gelangten wir auf festes Gestein; dasselbe befand sich in Nr. 1 in 6, in Nr. 9 in 2 Metern Tiefe und bestand in beiden Fällen aus weissem mittelfestem Sandstein. Beide Male erwies sich derselbe als keimfrei. Ob aber die Mikroorganismen in derartige locker gefügte Steinformationen überhaupt nicht einzudringen vermögen, müssen erst weitere Untersuchungen lehren.

Was die für die Oberfläche im speciellen festgestellten Ergebnisse betrifft, so fanden wir dieselben durchgehends zwar etwas grösser, als diejenigen der Fränkel'schen Bohrungen, trotzdem hielten sie sich aber weit unter den enormen Zahlen anderer Untersucher. Während sie bei

Fränkel zwischen 45,000 und 350,000 pro Cubikcentimeter schwanken, bewegen sie sich bei uns zwischen 161,000 und $2^1/_2$ Millionen. Am ungezwungensten erklärt sich dieser Unterschied wohl aus der Verschiedenheit des untersuchten Bodens; der äusserst feinkörnige lehmige Acker- und Wiesengrund enthält im gleichen Volumen bedeutend mehr Porencanälchen, als ein mehr grobkörniges, sandig-humöses Erdreich; die Porencanälchen des Lehmes sind enger als die des Sandes und bieten in ihrer Gesamtheit eine grössere Oberfläche dar. Die Keime, welche in derartigen feinporigen Boden gelangen, haben also bessere Gelegenheit zur Ansiedelung. Ausserdem mag lehm- und kalkhaltiges Erdreich ein besserer Nährsubstrat sein als der reine Sand, den Fränkel untersuchte. Hierzu kommt noch, dass der grössere Feuchtigkeitsgehalt des engporigen Lehmes und lehmhaltigen Kalkes einen günstigen Einfluss auf die Bacterienzahl der oberen Bodenschichten ausübt.

Wir möchten aber dieser Frage schon deswegen keine erhebliche Bedeutung beilegen, weil die Zahlen der an der Bodenoberfläche sich findenden Keime einmal, wie schon verschiedentlich betont wurde, an und für sich kein hervorragendes Interesse beanspruchen, und weil andererseits gerade hier die Zahlenbestimmungen besonders grossen Ungenauigkeiten unterworfen sind. Selbst bei einer Vertheilung der Oberflächenproben in möglichst viele Rollröhrchen tritt die Verflüssigung der Gelatine meist so rasch und doch wiederum je nach der herrschenden Temperatur zu relativ so verschiedenen Zeiten ein, dass die Zählungstermine sehr wechselnde sind, wodurch auch die Genauigkeit der Zahlenergebnisse selbstredend grossen Schwankungen unterliegen muss.

Abgesehen von den beiden bereits angeführten Fällen, in denen die am tiefsten entnommenen Proben aus festem Gestein bestanden, erreichten wir völlige Keimfreiheit nur noch in Versuch 10 in einer Tiefe von 4·20 ^{m} und in Versuch 30 von 2 ^{m}. Sehr geringe Keimzahlen fanden sich in grösserer Tiefe im Versuch 9, wo sich bereits in 1·50 ^{m} nur 540, im Versuch 7, wo sich in 3·20 ^{m} Tiefe nur 700 Keime pro Cubikcentimeter nachweisen liessen. Ebenso wurde im 30. Versuch in 1·75 ^{m} Tiefe nur 420 Keime gezählt.

Wie an der Oberfläche, so waren auch in 1 ^{m} Tiefe die gefundenen Keimzahlen durchweg höher als diejenigen aus gleicher Tiefe in den Fränkel'schen Versuchen.

Auf Grundwasser selbst stiessen wir in den Versuchen der ersten Reihe nur einmal, auf dem tief gelegenen Wiesenterrain in der Nähe der Saale. Es fand sich hier in 1·50 ^{m} Tiefe. Die entsprechende durch Bohrung gewonnene Erdschicht ergab 5800 Keime pro Cubikcentimeter gegenüber 142,900 Keime in 1 ^{m} Tiefe in demselben Versuch. Wir sehen

demnach hier die Grundwasser führende Erdschicht verhältnissmässig reich an Keimen, was anscheinend im Gegensatz steht zu den Grundwasserergebnissen der Fränkel'schen Versuche; in der That kann aber dies Resultat nicht Wunder nehmen, wenn man den hohen Stand des Grundwassers auf dem bezeichneten Terrain in Rechnung zieht.

Es lässt sich in diesem Versuch nur constatiren, dass die Keimzahl in der genannten Grundwasser führenden Schicht ganz unbekümmert um das Vorhandensein des letzteren in der gesetzmässigen Weise den hier zu erwartenden Zahlenabfall zeigt, ohne dass sich eine auffallende Verminderung oder Vermehrung der Keime anderen Versuchen gegenüber feststellen liesse.

Aus unmittelbarer Nähe des Grundwassers stammten auch die tiefst entnommenen Proben in den analogen Versuchen 5 und 7. Bei ersterem ergaben sich in $1^3/_4{}^m$ Tiefe 3560, in letzterem in $1^1/_2{}^m$ 7860 Keime pro Cubikcentimeter.

Bis in die Schicht des capillären Grund- oder Quellwasserstandes drangen wir ferner im 9. Versuch vor. Die hier aus $4 \cdot 20^m$ Tiefe entnommene Probe war feucht und erwies sich, wie schon erwähnt, als keimfrei.

Bemerkenswerth erscheint in dieser Versuchsreihe schliesslich noch der durchgehends bedeutend geringere Keimgehalt der Kieslagen gegenüber den aus entsprechenden Tiefen entnommenen Proben lehmigen Erdreichs. Auch diese Thatsache mag durch die nachstehende Tabelle Erläuterung finden.

Tiefe	Lehmboden		Kiesboden	
$0 \cdot 75^m$	Versuch 7	164,700 K.	Versuch 9	27,900 K.
1^m	„ 4	142,900 „	„ 10	81,900 „
1^m	„ 5	444,900 „	„ 11	69,300 „
$1 \cdot 50^m$	„ 7	7,860 „	„ 9	540 „

Dies Factum kann in gleicher Weise auf die verschiedene Beschaffenheit der genannten Erdsorten zurückgeführt werden, wie wir das bereits vorhin bei Gegenüberstellung der Oberflächenresultate des sandigen Berliner und des lehmigen Jenenser Bodens angedeutet haben.

Einige Berücksichtigung scheint uns der erste Versuch zu erheischen. Es fällt bei ihm im Gegensatz zu den übrigen Zahlenreihen auf, dass wir hier noch in Tiefen von $3^1/_2$ und $4^1/_2{}^m$ die relativ sehr hohen Keimzahlen 6170, resp. 1580 finden, während Keimfreiheit oder doch nur sehr geringer Gehalt an Mikroorganismen zu erwarten stand. Vielleicht hat die seitliche Verunreinigung durch das Auftreffen von Wind und Regen auf die

senkrechte Wand des Steinbruchs, der längere Zeit unbearbeitet dagelegen hatte, eine Rolle gespielt.

Die zweite Hauptreihe von Ausgrabungen ward auf Stadtboden vorgenommen. Es handelt sich hier um ein Terrain in unmittelbarer Nähe menschlicher Wohnungen, um Fahrstrassen und Fusswege in der Stadt, und damit um einen Boden, der im grössten Theil der Versuche bis zu bestimmter Tiefe bereits aufgewühlt gewesen war; zugleich liess sich in vielen Fällen eine grössere oder geringere andauernde Verschmutzung von oben her leicht feststellen.

Die Zahlenergebnisse auf der Oberfläche dieses Terrains lassen im Wesentlichen dasselbe von sich sagen, wie die analogen Resultate der ersten Versuchsreihe. Die höchste Keimzahl, welche wir hier fanden, betrug $7^1/_2$ Millionen auf einem Grundstück, welches seit langer Zeit täglich mit Hausabwässern und Küchenflüssigkeiten aller Art übergossen worden war. — Im Uebrigen bewegen sich die Zahlen dieser Reihe zwischen 200,000 und 2 Millionen Keimen.

Der für den unbewohnten gewachsenen Boden als gültig erkannte Grundsatz des reichlichen Abfalles der Bacterienzahl zeigte sich für verunreinigtes bewohntes Terrain ebenfalls gültig.

Der sprungweise Abfall der Keimzahlen findet sich zwischen 1 und 2^m. Als besonders in die Augen fallende Beispiele hierfür führen wir an:

Versuch 6 (Fahrdamm)	in 1^m	124,800	Keime pro Ccm.
	„ 2^m	750	„ „ „
Versuch 8 (oberfl. verunrein. Hausterrain)	„ 1^m	15,820	„ „ „
	„ $1 \cdot 60^m$	360	„ „ „
Versuch 12 (Fussweg in der Stadt) . .	„ 1^m	64,200	„ „ „
	„ 2^m	590	„ „ „

Im 18. Versuch findet sich der Abfall bereits in 1^m Tiefe, es ergab die Zählung hier 760 Keime gegenüber 432,400 Keimen an der Oberfläche.

Einen auffallend grossen Zahlenunterschied der Bacterien an der Oberfläche und in 1^m Tiefe bietet ferner auch der 8. Versuch, in welchem es sich um den Hinterhof eines Hauses handelte, der nicht umgewühlt, seit langen Jahren durch Küchenabwässer oberflächlich stark verunreinigt worden war, so dass sich eine förmliche etwa 10^{cm} dicke Schlammdecke von sehr üblem Geruch aufgelagert hatte. Diese Oberflächenschicht ergab $1^1/_4$ Millionen Keime, im Gegensatz dazu fanden sich 1^m tief im unaufgebrochenen Lehmboden nur 15,820.

Es stellt dies Factum ein Analogon dar, zu der von der Wasserfiltra-

tion durch Sandfilter her bekannten, hauptsächlich von Piefke[1] nachgewiesenen Thatsache, dass eine Schlammdecke an der Oberfläche im Stande ist, die meisten auf sie gelangenden Keime abzufangen, während die oberflächlichen Filterschichten durch die bereits in ihnen befindlichen Bacterien diejenigen Keime festhalten, welche die Schlammschicht passirten, so dass die tiefsten Filterlagen, so viel wir darüber bis jetzt wenigstens wissen, der Verunreinigung durch Keime von oben her entzogen sind. Wir würden hierin eine Erklärung für die Thatsache haben, dass ein Boden, welcher oberflächlich starker und andauernder Verschmutzung durch Abwässer ausgesetzt ist, bereits in relativ geringer Tiefe keimfrei oder annähernd keimfrei ist.

Ganz erheblich erschwert wird ausserdem das Eindringen der Keime in die tiefen Bodenlagen durch das im Allgemeinen sehr langsame und in kurzen Zeiträumen wenig tiefe Einsickern des Regenwassers in die Erde. Wenn das Aufschlagwasser etwa 1 Jahr braucht, um 1 bis 2 ^{m} tief in den Boden zu sinken, so ist diese Bewegung so langsam oder doch so ungünstig, dass nur wenig Bacterien lebend mit in jene Tiefe verschleppt werden können. Wenn nun weiter die Annahme richtig ist, dass die Mikroorganismen sich in der Tiefe nicht unter günstigen Lebensbedingungen befinden, so kann im Allgemeinen die Keimzahl in den tieferen Bodenschichten nicht gross sein.

Dass sich übrigens in der That die von der Bodenoberfläche mit den eindringenden Wässern verschleppten Bacterien in der Tiefe bei relativem Sauerstoffmangel und Kohlensäureanhäufung, der niedrigen Temperatur, den vielleicht mangelhaften Nährsubstanzen, sowie bei dem Fehlen der übrigen für ihre Entwickelung günstigen Momente, wie sie die obersten Bodenschichten bieten, in einer Art Zwangslage befinden, dafür sprechen mancherlei Erwägungen. Ganz besonders aber scheint diese Thatsache aus der Wachsthumsverlangsamung hervorzugehen, die wir in sehr vielen unserer Versuche bei Keimen gleicher Art in Proben aus zunehmender Tiefe zu constatiren vermochten. Besonders gut liess sich dies Factum an den leicht kenntlichen Colonieen des Wurzelbacillus feststellen, den wir häufig noch in Tiefen bis zu 2 ^{m} antrafen. Während bereits nach 24 bis 36 Stunden in den Rollröhrchen, welche die Oberflächenproben enthielten, die Colonieen dieser Art voll ausgebildet sich zeigten, wiesen die Röhrchen mit Proben aus 1·50 und 2 ^{m} nach Ablauf der gleichen Zeit selbst unter dem Mikroskop kaum die Anfänge beginnenden Wachsthums auf; je höher die Aussentemperatur war, desto mehr ver-

[1] Piefke, *Die Principien der Reinwassergewinnung vermittelst Filtration.* Springer. Berlin 1887.

wischte sich diese Erscheinung. Die gleiche Wachsthumsverlangsamung trat, wenn auch nicht so stark ausgesprochen, bei der Entwickelung auch der übrigen Bacterien auf. Wir glauben demnach annehmen zu dürfen, dass bei den Keimen, wenn sie längere Zeit den ungünstigen Lebensbedingungen der Tiefe ausgesetzt waren, ein gewisser Erschöpfungs- oder vielleicht Ruhezustand eintritt. Kommen diese geschwächten Mikroorganismen nunmehr plötzlich unter günstige Bedingungen, so bedürfen sie erst einiger Zeit der Erholung, bevor sie die Fähigkeit erlangen, mit der ihrer Art unter normalen Verhältnissen eigenthümlichen Schnelligkeit sich fortzupflanzen.

Weiter kann man annehmen, dass dieser Schwäche- oder Ruhezustand zwar zur Erhaltung der Art insofern beiträgt, als er die Persistenz des Einzelwesens begünstigt, dass er jedoch andererseits einer regeren Proliferation ungünstig sein muss.

Damit ist zugleich ein Vorgeschobenwerden von Keimen nach der Tiefe zu durch Weiterwachsen so gut wie ausgeschlossen. Das letztere könnte nur für die obersten Bodenlagen angenommen werden.

In drei Versuchen der zweiten Hauptreihe konnten wir ein Wiederansteigen der Keimzahl mit zunehmender Tiefe feststellen. In Versuch 19 fanden sich an der Oberfläche unter der Strassenpflasterung 319,200 Keime im Gegensatz dazu in $1^1/_2{}^{m}$ 681,900.

Dies erklärt sich vielleicht daraus, dass sich auf diesem Terrain bis in $^1/_2{}^{m}$ Tiefe eine ausserordentlich lockere Schuttschicht vorfand, welcher die oberste Probe entnommen wurde. Die von oben auf diese Schicht gelangten Keime fanden an derselben nur ein geringes Hinderniss für ihr Durchpassiren, erst unterhalb derselben wurden sie durch die festere Lehmlage energisch aufgehalten.

Im zweiten Versuch stieg die Zahl an zwei Stellen mit zunehmender Tiefe, nämlich von $^1/_2$ zu 1^{m} (585,000 zu 850,000), sowie von 2 zu $2^1/_2{}^{m}$ (31,720 zu 36,820). Das nimmt gerade bei diesem Versuche nicht Wunder, wenn wir erwägen, dass es sich hier um ein Terrain handelte, welches nicht nur von oben und von der Seite her den verschiedensten Verunreinigungen ausgesetzt gewesen, sondern auch stark umgewühlt worden war. Ausserdem ist die Keimvertheilung im Boden keine so gleichmässige, dass man nicht selbst in grösseren Tiefen einmal mehr Mikroorganismen finden sollte, als in überliegenden Schichten. Dafür spricht schon der Umstand, dass bei unseren Versuchen, da wir ein grösseres Erdquantum zur Untersuchung nahmen als Fränkel, verhältnissmässig seltener ein Wiederansteigen der Keimzahlen vorkam.

Im 18. Versuch, in welchem wir in 1^{m} Tiefe (äusserst trockener reiner Kalktuff) nur 760 Keime zählten, fanden sich im Gegensatz dazu in einer

bedeutend feuchteren Probe, die aus 2 m Tiefe stammte, 14,000 Keime. Inwiefern hier vielleicht gerade neben den angeführten Gründen die auffallende Trockenheit des Kalktuffs aus 1 m mitgesprochen haben mag, vermögen wir nicht zu entscheiden.

Grundwasser erreichten wir auf städtischem Boden fünf Mal in Tiefen von 3 bis $3^1/_2$ m. Wir lassen hier tabellarisch geordnet die Zahlen folgen, welche sich für die Grundwasser führende Schicht und oberhalb derselben fanden.

Terrain		oberhalb des Grundwassers		im Grundwasser	
Versuch 18.	Fusssteig	in 2 m	14,000 Keime	in 3 m	100 Keime
„ 19.	Fahrstrasse	„ 2·50 m	410 „	„ 3·50 m	0 „
„ 20.	„	„ 2 m	2,930 „	„ 3·20 m	190 „
„ 22.	„	„ 2 m	590 „	„ 3 m	0 „
„ 23.	„	„ 2 m	8,600 „	„ 3·50 m	65 „

Demnach findet sich auch hier wiederum der Satz bestätigt, dass das Grundwasser den gesetzmässigen Abfall der Keime nicht wesentlich modificirt, denn wir erhalten in diesen Versuchen ungefähr dieselben Zahlen, welche wir in den betreffenden Schichten nach ihrer Tiefe hätten erwarten dürfen, auch wenn das Wasser nicht angetroffen worden wäre.

Unsere dritte Hauptgruppe bilden die Kirchhofsversuche. Es handelte sich bei diesen Untersuchungen sowohl in Jena als auch in Wenigenjena um ein Terrain, welches bereits mindestens fünfmal zu Beerdigungen benutzt worden war. Bis zur Grabtiefe, also 1·50 m, war das Erdreich des öfteren aufgewühlt und durch die wiederholte Aufnahme von Leichen mit organischen, fäulnissfähigen Substanzen durchsetzt worden. Unterhalb des Sargbodens folgte in sämmtlichen Gräbern gewachsener Boden. Die drei Jenenser Gräber wurden bis zu einer Tiefe von 2, die Wenigenjenaer bis auf das Grundwasser weiter ausgegraben, welches sich in wechselnder Höhe zwischen 2·60 und 3·30 m vorfand.

In Jena wurde sodann noch bei Gelegenheit dreier Exhumirungen das Erdreich in den betreffenden Gräbern oberhalb, neben und unmittelbar unter dem Sarge der Untersuchung unterzogen. In Wenigenjena liessen wir nach den vier Himmelsrichtungen, vom Begräbnissplatz 2 bis 25 m entfernt, auf bebautem Gartenterrain Gruben anlegen, deren Schichten ebenfalls bis zur Tiefe des Grundwassers auf ihre Keimzahlen geprüft wurden. Da der Kirchhof selbst gegenüber der Umgebung eine etwas erhöhte Lage besitzt, so trat in diesen Gruben das Grundwasser durchgehends etwas früher zu Tage als in den Gräbern, nämlich in 2·20

bis 3 m. Während der Jenenser Kirchhof sehr hoch gelegen und trocken ist, liegt der Wenigenjenaer Begräbnissplatz nur wenig über dem Saalespiegel, so dass bei hohem Stand des Flusses das Grundwasser selbst die Grabsohlen überfluthet.

Über die Beschaffenheit der Erdschichten, mit denen wir es in diesen Untersuchungen zu thun hatten, lässt sich Folgendes sagen. In den fünf Jenenser Gräbern fand sich bis zum Sargboden, also bis in 1·50 m Tiefe, lehmig-humöses Erdreich, darunter folgte in allen Fällen trockenes, durch kalkhaltigen Lehm festgefügtes Gerölle, an das sich in einem Grab unmittelbar unter 2 m eine trockene grüne Thonlage (Mergel) anschloss. Die Schichten der Wenigenjenaer Gräber waren folgende: Zu oberst feuchter Humus bis zu 1½ bis 2 m Tiefe; darauf folgte eine Schicht feinen fliessenden Schwemmsandes von wechselnder Dicke, aber nicht über eine Tiefe von 3 m hinausgehend. Hierunter fand sich stets Kies, in welchem das Grundwasser hervorquoll. Das Vorhandensein jenes feinen Schwemmsandes, sowie die Anwesenheit abgeschliffener Kiesel beweisen, dass der jetzige Kirchhof altes Flussbett ist. — Die vier neben dem Begräbnissplatz in Gärten angelegten Gruben hatten im Wesentlichen dasselbe Erdreich, doch fehlte in zweien der Sand; in diesen beiden fand sich bis 1 m Humus, darunter Kies, während in den zwei anderen der humös-sandige Boden bis in 1·80 resp. 2 m Tiefe hinabreichte, worauf sich bis 2 resp. 2·50 m Sand anschloss, dem schliesslich wieder Kies folgte. Aus der Beschaffenheit der Humusschicht in allen vier Löchern liess sich schliessen, dass diese in ihrer ganzen Dicke bereits umgewühlt sein musste, während der Sand resp. der Kies als intact anzusehen sind.

Entsprechend der Vorvergangenheit des Gräberterrains fanden wir stets die Schichten bis unmittelbar unter dem Sargboden verhältnissmässig reich an Keimen, doch immerhin nicht im entferntesten so überladen mit solchen, wie man es nach dem Zweck, dem der Boden gedient hatte, vielleicht erwarten konnte.

Die Zahlen an der Oberfläche zeigen keine wesentlichen Abweichungen von den anderen Orts an gleicher Stätte gefundenen, sowohl auf den Gräbern wie auf den vier Gruben beträgt die Durchschnittsziffer etwa 1½ Millionen.

In 1 m (bei den Exhumirungen in 1·20 m) Tiefe fanden sich folgende Resultate:

Jena, . .	Grab 1:	460,400 K.	Exhumirungen .	1: 548,200 K.
„	„ 2:	985,400 „	„	2: 844,500 „
„	„ 3:	674,050 „	„	3: 342,600 „

Wenigenjena, Grab 1:	549,000 K.		Wenigenjena, Grube 1:	645,400 K.
„ „ 2:	436,700 „		„ „ 2:	890,500 „
„ „ 3:	—		„ „ 3:	890,600 „
„ „ 4:	742,500 „		„ „ 4;	545,400 „

Auffallend ist in dieser Zahlenreihe die verhältnissmässig ausserordentlich grosse Gleichmässigkeit der Ergebnisse, insbesondere die Uebereinstimmung der Gruben- mit den Gräberzahlen. Wir finden hier in dem gleichartigen umgewühlten Humusboden der Gärten dieselbe Keimmenge wie im bereits zu wiederholten Malen benutzten Kirchhofsterrain. Unmittelbar unterhalb des Sargbodens lässt sich keine Steigerung des Mikroorganismengehalts constatiren, doch finden sich im Vergleich zu unberührtem Terrain verhältnissmässig hohe Zahlen. In den Jenenser Gräbern waren dieselben:

in Grab 1:	in 1·60 m	170,300	Keime,
„ „ 2:	„ 1·80 m	244,600	„
„ „ 3:	„ 1·50 m	411,460	„
Exhum. 1:	„ 1·70 m	65,300	„
„ 2:	„ 1·60 m	142,300	„
„ 3:	fehlt die Zahl		

In Wenigenjena wurden unmittelbar unterhalb des Sargbodens nur aus zwei Gräbern Proben zur Untersuchung entnommen. Die Resultate der Zählung waren hier folgende:

in Grab 1:	in 1·50 m	170,000	Keime,
„ „ 2:	„ 1·50 m	581,300	„

Aus den vier Gruben fehlen Vergleichsproben aus entsprechender Tiefe.

Ein stärkerer Keimabfall tritt in allen Gräbern um 2 m herum, also ca. $^1/_2$ m unter dem Sargbodenstand, ein.

Jena Grab 1:	170,300	in 1·60 m	zu	56,000	in 2 m,
„ „ 2:	244,600	„ 1·80 m	„	15,600	„ 2·10 m,
„ „ 3:	411,460	„ 1·50 m	„	39,000	„ 2 m.
Wenigenjena Grab 1:	170,000	„ 1·50 m	„	11,700	„ 2 m,
„ „ 2:	581,300	„ 1·50 m	„	5,400	„ 2 m,
„ „ 3:	—		„	12,900	„ 2·25 m,
„ „ 4:	742,500	„ 1 m	„	14,700	„ 2 m.

In ähnlicher Weise mit ähnlichen Zahlenergebnissen liess sich dieser Abfall von 1 zu 2 m Tiefe in den vier Gruben constatiren.

Grube 1: in 1 m 645,400 K., in 2 m 23,200 K.,
„ 2: „ „ 890,500 „ „ „ 26,900 „
„ 3: „ „ 890,600 „ „ „ 70,200 „
„ 4: „ „ 545,400 „ „ „ 10,200 „

Diese Zahlen zeigen deutlich, dass, soweit das Terrain umgewühlt ist, sich viel Bacterien finden; sie zeigen aber weiter, dass überall da, wo Aufgrabungen nicht mehr statt hatten, die Bacterienzahlen niedrig sind.

Bringen wir mit diesem Befunde die früher constatirte Thatsache des Abfalles der Bacterien von 1 bis 2 m Tiefe zusammen, so scheint es, als ob hier ebenfalls das Umbrechen des Bodens von wesentlichem Belang für die Bacterienzahl sei. Weitere Untersuchungen müssen lehren, ob dieser Auffassung allgemeine Gültigkeit beizulegen ist oder nicht.

Die Zahlen, welche wir für die oberen und mittleren Schichten der Gräber festgestellt haben, zeigen im Vergleich zu den Grubenergebnissen, dass die Verschmutzung des Terrains durch Beerdigungen überhaupt und namentlich diejenige unterhalb des Sarges keineswegs eine so erhebliche ist, wie man vielleicht vermuthen könnte. Wir müssen im Gegentheil sagen, der in die Erde eingesenkte Sarg mit seiner Leiche und den in ihr enthaltenen Keimen übt keinen wesentlichen Einfluss auf die Menge der Mikroorganismen im Boden aus, höchstens wird die Zone des Bacterienabfalles etwas niedriger gelegt.

Die Wenigenjenaer Gräber und Gruben beanspruchen noch deswegen einiges Interesse, weil bei dem hochstehenden Grundwasser die von diesem durchtränkte oberste Schicht jedesmal der Untersuchung zugängig gemacht werden konnte. Es liess sich, was zunächst die vier Gräber betrifft, in sämmtlichen eine Zunahme der Keimzahlen im Grundwasser nachweisen. Die Ergebnisse sind folgende:

Versuch	oberhalb des Grundwassers		im Grundwasser	
	Tiefe	Keimzahl pro Ccm.	Tiefe	Keimzahl pro Ccm.
Grab 1	2 m	11,700	2·60 m	27,000
„ 2	2 m	5,400	3 m	16,600
„ 3	2·60 m	8,000	3·20 m	22,900
„ 4	2 m	14,700	3·30 m	23,600

Vergleichen wir damit die Resultate, welche aus den vier Gruben gewonnen wurden, so ergiebt sich auch hier in zweien derselben deutliche Zunahme des Keimgehaltes im Grundwasser, nämlich:

Versuch	in 2 m	in 2·50 m (Grundwasser)
Grube 1:	23,200 K.	31,650 K.
„ 2:	26,900 „	45,760 „

In Grube 3 bleiben die Zahlen ungefähr gleich, es finden sich hier in 2 m Tiefe 70,200, in 2·20 m im Grundwasser 68,500 Keime, das Gleiche ist der Fall bei Grube 4, wo wir in 2 m Tiefe 10,200, im Grundwasser in 3 m 9700 Keime zählten.

Danach hat Wenigenjena nicht nur ein hochstehendes, sondern auch ein wenigstens in seinen oberen Schichten bacterienreiches Grundwasser. Es stimmen damit auch die Ergebnisse überein, welche Gärtner beim Abpumpen verschiedener dortiger höchstens 4 m tief eingesenkter Röhrenbrunnen erhielt. Selbst nach länger fortgesetzter Entleerung derselben ward kein annähernd keimfreies Wasser gewonnen und überdies war die Wirkung des Abpumpens eine sehr ungleichmässige.[1]

Es fragt sich nun, woraus die auf diesem Terrain gefundene grössere Keimzahl im Grundwasser zu erklären ist. Möglicherweise lässt sich die Erscheinung auf einfach mechanische Ursachen zurückführen. Man könnte sich etwa vorstellen, dass das Grundwasser in einem verhältnissmässig stark bacterienhaltigen Boden in Folge seines Hochstandes bis in die keimreichen Lagen, bis 1 m z. B., hinaufsteigt, von wo es sodann bei den hier rasch erfolgenden Schwankungen beim Absinken jedes Mal eine gewisse Menge von Keimen durch den grobporigen Kies mit sich reisst, so dass auf diese Weise seine obersten Schichten mehr Keime bergen, als die darüber befindlichen augenblicklich trockenen Bodenlagen. Auffallend und schwer erklärlich bleibt die Thatsache auf alle Fälle, zumal wir anderen Orts feststellen konnten, dass das Grundwasser den gesetzmässigen Abfall der Keime gar nicht beeinflusst. Gerade das spricht dafür, dass es eben locale Eigenthümlichkeiten sind, die hier den entscheidenden Factor bilden.

Bei der Ausschachtung von Grube 3 ward unmittelbar nach dem Hervorquellen des Grundwassers dieses selbst mit einem sterilisirten Reagensgläschen aufgefangen. Das Wasser sah trübe aus und roch nicht. Am nächsten Morgen nach 10stündigem Stehen hatte sich auf dem Boden des Glases eine ca. 1 cm hohe feine Sandschicht angesammelt, während das Wasser darüber fast klar war. Aus der Mitte desselben wurden mittelst einer sterilen Pipette Proben entnommen und auf ihren Bacteriengehalt untersucht. Während sich nun in der betreffenden Erdschicht in 2·20 m

[1] Tiemann und Gärtner, *Die chemische und mikroskopisch-bacteriologische Untersuchung des Wassers.* 1889.

68,500 Keime pro Cubikcentimeter gefunden hatten, wurden in 1 ccm des Wassers nur 1350 Keime gezählt. Diese auffallende Zahlendifferenz muss auf das Niedersinken und Mitgenommenwerden der Bacterien durch die sich senkenden Erdpartikelchen oder auf die Flächenattraction bezogen werden.

Einige specielle Worte erheischen zum Schluss noch die Exhumirungen. Es ist bei diesen ganz besonders bemerkenswerth, dass auch unmittelbar unter den frischen Särgen keine Zahlenzunahme gefunden wurde, im Gegentheil nahmen sogar die hier gewonnenen Resultate im Vergleich zu den Sargbodenbefunden der anderen Gräber die letzte Stelle in der Zahlenreihe ein. Es fanden sich bei

Exhumirung 1: in 1·70 m 65,300 Keime,
" 2: " 1·60 " 142,300 "

Wie wir schon an anderer Stelle sahen, bilden die beiden angeführten Zahlen einen starken Abfall gegenüber den neben dem Sarg aus 1·20 m entnommenen Proben.

Des Ferneren ergab sich bei allen drei Exhumirungen, dass die Proben, welche oben am Sargdeckel aus Fugen neben dem obersten Verschlussbrett entnommen waren, einen verhältnissmässig auffallend geringen Keimgehalt darboten. Die Proben stammten aus 80 resp. 90 cm Tiefe und enthielten bei:

Exh. 1: 76,100 gegen 978,600 an der Oberfläche, 548,200 in 1·20 m Tiefe,
" 2: 38,600 " 320,100 " " " 844,500 " 1·20 " "
" 3: 124,200 " 342,600 in 1·20 m Tiefe. (Oberflächenröhrchen verflüssigt.)

Vielleicht kann diese Erscheinung, sofern sie nicht, was bei der geringen Anzahl der Versuche möglich wäre, auf blossem Zufall beruht, durch die Anwesenheit von Gasen im Sarge erklärt werden. Man wird anzunehmen haben, dass diese letzteren von innen her auf den Sargdeckel einen gewissen Druck ausüben und aus den oberen Fugen nach aussen zu dringen versuchen, wodurch sie das in diesen Fugen selbst lagernde Erdreich in erster Linie und besonders energisch imprägniren und so vielleicht das Absterben einer grossen Zahl von Keimen zu veranlassen vermögen. Dass in der That ein Ausströmen von Gas aus dem Sarge unter einem gewissen Druck stattfand, konnte namentlich bei der ersten Exhumirung sehr deutlich nachgewiesen werden. Noch bevor das Verschlussbrett abgehoben war, erlosch ein Licht, das neben demselben an die unterhalb desselben befindliche Fuge gehalten wurde, das Gleiche geschah mit der nach Abhebung des Brettes in die Sarghöhlung selbst hinabgelassenen Laterne, ein Beweis für das Vorhandensein grosser Mengen von Kohlensäure.

Die auffallend geringe Keimzahl an der Oberfläche des Grabes der zweiten Exhumirung ist darauf zurückzuführen, dass die Probe der zu Decorirungszwecken aufgeschütteten dünnen feinen Kiesstreuung entstammte.

Nicht ohne Interesse war die Beschaffenheit der exhumirten Leichen selbst. Im ersten und dritten Fall handelte es sich um an Sepsis bezw. Pneumonie vor ca. $1^1/_2$ Jahren verstorbene erwachsene Personen. Bereits vor dem Sichtbarwerden der verhältnissmässig gut erhaltenen Särge machte sich ein vornehmlich bei der dritten Leiche sehr starker Fäulnissgeruch bemerkbar, der nach Abheben des Deckels intensiv wurde. Die Leichen waren in ihren Umrissen noch völlig erhalten und von einem weissen Schimmelüberzug vollständig bedeckt. In gleicher Form fand sich derselbe an der Innenseite des Sargdeckels. Die Weichtheile des Gesichts, Haar, Bart, Augenwimper etc. waren noch gut kenntlich. Im Gegensatz dazu fand sich die Kinderleiche, die ebenfalls vor $1^1/_2$ Jahren beerdigt worden war, entsprechend den bisher gemachten Beobachtungen bereits völlig macerirt. Der Kopf liess keine Weichtheile mehr erkennen, sondern zeigte deutlich die Schädelumrisse mit leeren Augenhöhlen, das Ganze von einer dünnen braunen Decke überzogen. Geruch war hier gar nicht bemerkbar oder nur als schwacher Modergeruch angedeutet. Das Holz der schweren Eichensärge war in allen 3 Fällen gut erhalten, aber durchfeuchtet. Unmittelbar unter dem Sargboden war bei der ersten Leiche der Untergrund etwas feucht und übelriechend, bei der zweiten war hier nichts Wesentliches zu bemerken.

Fassen wir zum Schluss die Resultate unserer Arbeit kurz zusammen, so lassen sich folgende Sätze aufstellen:

1. Die Keimzahl in den oberen Bodenschichten ist keine so grosse, wie manche Forscher angegeben haben. Sie geht auf hiesigem Terrain über wenige Millionen auf den Cubikcentimeter nicht hinaus.

2. Bis zu einer gewissen Tiefe bleiben die Keimzahlen verhältnissmässig hoch, sie sind aber durchgehends niedriger als an der Oberfläche.

3. Mit zunehmender Tiefe erfolgt sodann ein ziemlich plötzlicher und starker Abfall der Zahlen, wie das bereits Fränckel constatirte.

4. Die Zone dieser plötzlichen Keimverminderung liegt im Jenenser Boden — wie im Berliner — zwischen 1 und 2^m.

5. Die höhere oder tiefere Lage dieser Zone scheint hauptsächlich von der Bearbeitung und Benutzung des betreffenden Terrains abzuhängen. Im bereits umgewühlten Boden liegt sie tiefer als im jungfräulichen.

6. Schon in ganz geringer Tiefe (2^m) kann der Boden keimfrei sein.

7. Gleiche Keimarten aus Proben der Oberfläche oder aus Schichten unmittelbar unter dieser zeigen im Röhrchen schnelleres Wachsthum, als wenn sie aus grösseren Tiefen stammen.

8. Diese Wachsthumsverlangsamung mit zunehmender Tiefe ist ebenfalls ein Beweis dafür, dass die Lebensbedingungen für die Bacterien in den tieferen Schichten keine so günstigen sind als an der Oberfläche.

9. In den mässigen Tiefen, in welchen wir das Grundwasser untersuchten, erwies sich das letztere sowohl keimfrei als auch keimhaltig.

10. Während in einer Reihe von Fällen das Grundwasser den regelrechten Keimabfall nicht beeinflusst, zeigten sich in einer anderen Reihe von Versuchen die Grundwasser führenden Schichten reicher an Keimen als die Erdlagen darüber.

11. Durch Beerdigungen erwies sich uns der Keimgehalt des Bodens nicht wesentlich beeinflusst. Weder neben noch unter dem Sarge war die Bacterienmenge grösser als an den entsprechenden Stellen der auf gleichem Terrain angelegten Controlgruben.

12. Ohne Einfluss war es ferner, ob die Proben aus einem Grabe stammten, in welchem vor 35, oder aus einem solchen, in dem erst vor $1^1/_2$ Jahren die Beerdigung stattgefunden hatte.







Fig. 1.

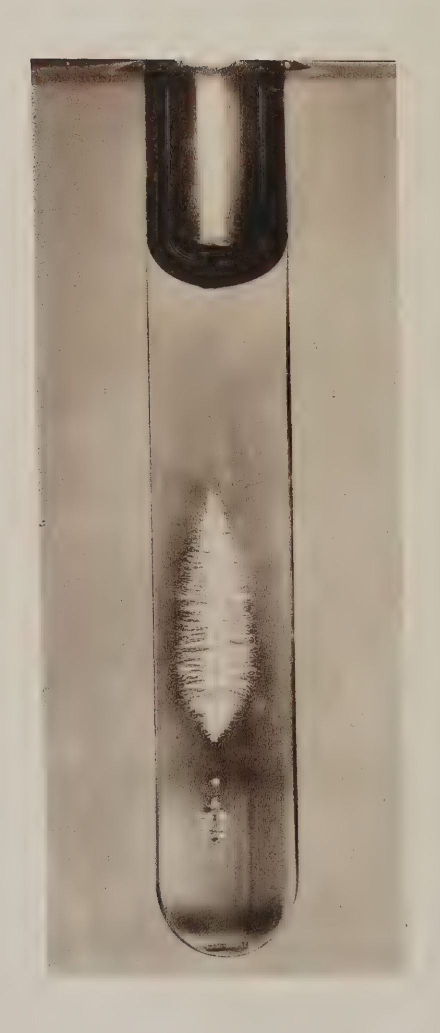


Fig. 2.

Verlag Veit &

Carl Fraenkel phot.

Glacédruck von J. B. (

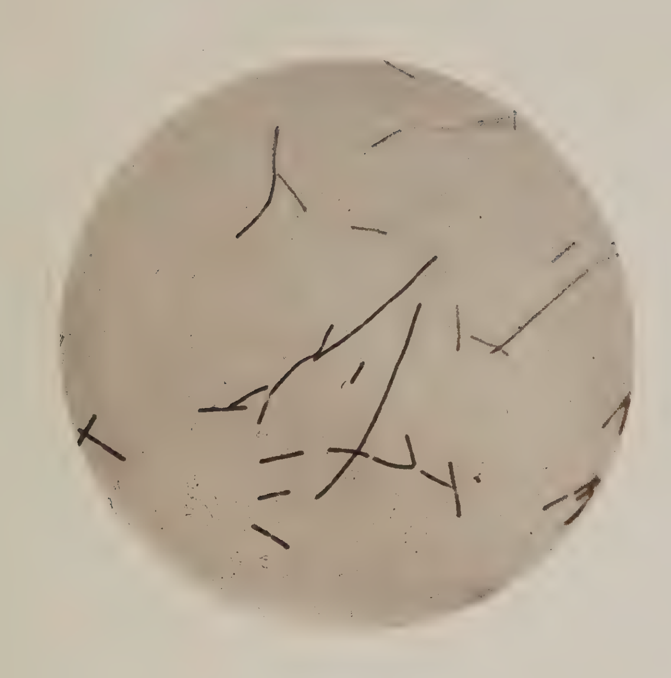


Fig. 3.



Fig. 4.

p. Leipzig.

etter, München.

S. Kitasato praep.



[Aus dem hygienischen Institut zu Berlin.]

Ueber den Vibrio Metschnikoff und sein Verhältniss zur Cholera asiatica.

Von

Dr. R. Pfeiffer,
Stabsarzt und Assistent.

(Hierzu Taf. III.)

In seinen Untersuchungen über den von ihm so benannten Vibrio Metschnikoff hatte Gamaleia[1] sehr weit gehende Analogieen sowohl im morphologischen, als biologischen Verhalten zwischen diesem Mikroorganismus und dem Koch'schen Kommabacillus behauptet, Aehnlichkeiten, welche jede Schranke zwischen beiden Bacterienspecies zu verwischen schienen. Da der Vibrio Metschnikoff ein beständiger Bewohner Europas sein sollte und auch in eine nahe Beziehung zu der sporadischen Form der Cholera nostras gebracht wurde, so würde die diagnostische Bedeutung der Cholerabacillen eine wesentliche Einschränkung erfahren müssen, vorausgesetzt, dass die von Gamaleia behaupteten Thatsachen sich bestätigten. Eine Nachprüfung der Ergebnisse des russischen Forschers war somit ein Desiderat von der höchsten Wichtigkeit, und ich sage hiermit Hrn. Professor Metschnikoff, durch dessen gütige Vermittelung ich in den Besitz einer Cultur der Gamaleia'schen Vibrionen gelangt bin, meinen verbindlichsten Dank.

Was zunächst die Morphologie des Vibrio M. anbetrifft, so stellt er sich ebenso wie die Cholera asiatica als leicht spiralig gekrümmtes Stäbchen dar, welches mit Fug und Recht den Namen Kommabacillus beanspruchen kann; doch überzeugt man sich an Präparaten und Photogrammen, welche

[1] *Annales de l'Institut Pasteur.* 1888. p. 482 u. 552.

in durchaus identischer Weise aus gleichaltrigen frischen Culturen hergestellt sind, dass der Vibrio M. im Durchschnitt etwas kürzere, dickere und stärker gekrümmte Stäbchen bildet, als der Cholerabacillus. Gelegentlich, besonders im Thierkörper, sind die einzelnen Vibrionen sehr kurz, fast kokkenartig. Im hängenden Tropfen hat der Vibrio M. eine sehr rapide Eigenbewegung, die aber auch nicht völlig vergleichbar ist mit dem eigenthümlichen mückenschwarmartigen blitzschnellen Tanzen und Wirbeln der Cholerabacillen. Als Fortbewegungsorgan besitzt jeder Bacillus einen langen, ausserordentlich feinen Geisselfaden,[1] der unter bestimmten Verhältnissen durch Färbung mit Fuchsin oder Gentianaviolett sichtbar gemacht werden kann. Eigenthümlich ist dem Vibrio M. eine entschiedene Neigung zur Spirillenbildung. Man findet dabei eine ziemliche Mannigfaltigkeit der Formen, kurze und lange, dicke und dünne, regelmässig spiralig gewundene und unregelmässig geknickte und gestreckte Spirillen.

Der Färbung sind die Gamaleia'schen Vibrionen leicht zugänglich. Bei Anwendung dünner Färbflüssigkeiten färben sich am intensivsten die Enden der einzelnen Bacterien, während die Mitte fast farblos bleibt. Es entstehen so Bilder, die täuschend den Hühnercholerabacterien ähnlich sind. Manchmal sieht man auch Spirillen, in welchen mit regelmässigen Zwischenräumen gefärbte und ungefärbte Partieen abwechseln. Mit Sporenbildung haben diese Lücken sicher nichts zu thun, auch vermochte ich nie ächte Sporenbildung bei dem Vibrio M. zu constatiren, während Gamaleia bei seinen Vibrionen unter nicht genauer präcisirten Verhältnissen Sporen beobachtet haben will, welche der Sporendoppelfärbung zugänglich waren. Jedenfalls finde ich in seinen Arbeiten nicht erwähnt, ob diese angeblichen Sporen ihre Sporennatur auch durch vermehrte Widerstandskraft gegenüber desinficirenden Agentien u. s. w. documentirt haben. So lange möchte ich diese Frage in suspenso lassen; immerhin wäre die Constatirung einer ächten endogenen Sporenbildung ein wichtiges morphologisches Kriterium zur Unterscheidung zwischen Vibrio M. und Cholera asiatica.

Auf Agar-Agar gedeiht der Vibrio M. sehr gut und bildet dort bei Brüttemperatur innerhalb weniger Stunden gelbliche bis gelbbräunliche Auflagerungen in ganz gleicher Weise wie Deneke's und Finkler's Bacillen und wie die Cholera asiatica. Auf Kartoffelscheiben gedeiht der Vibrio M. nur spärlich und nur bei Brüttemperatur. Der so entstehende dünne Culturrasen hat eine braune Färbung. Die Bouillon wird sehr

---

[1] Photogramme derselben werden in dem von Fränkel und Pfeiffer herausgegebenen *Mikrophotographischen Atlas der Bacterienkunde* veröffentlicht werden.

rasch, bei 37° C. schon nach wenigen Stunden intensiv getrübt. Innerhalb 24 Stunden bildet sich dann auf der Oberfläche der trübe bleibenden Bouillon eine dünne weissliche Decke. Auf Zusatz nitritfreier Salzsäure oder Schwefelsäure entsteht schon nach 24 Stunden in der Bouillon eine deutliche Rosa- bis Purpurfärbung, die von der bekannten Cholerareaction nicht zu unterscheiden ist. Die Intensität der Färbung wächst mit dem Alter der Culturen. Bei älteren, 8 bis 14 Tage fortgezüchteten Metschnikoff-Bouillonculturen ist die Reaction ausserordentlich intensiv, doch hat die entstehende Färbung, wie schon Gamaleia angiebt, einen in das Gelbrothe spielenden Farbton. Wir lernen also in dem Vibrio M. einen Mikroorganismus kennen, der unter sonst gleichen Verhältnissen die bisher für die Cholera asiatica als charakteristisch betrachtete Farbenreaction gleichfalls giebt. Zum Glück besitzt dieser Vibrio sonstige Eigenschaften, welche, wie wir später sehen werden, seine Unterscheidung von der wirklichen Cholera leicht machen.

In Gelatinestichculturen bei Zimmertemperatur zeigt der Vibrio M. ein ziemlich rasches Wachsthum; jedenfalls überflügelt er gleichzeitig angelegte Choleraculturen um ein Beträchtliches. Seine Wachsthumsenergie würde etwa der des Deneke'schen Vibrio entsprechen. Der Anblick 24 Stunden bis 3 Tage alter Gelatinestichculturen erinnert übrigens ausserordentlich an das Bild etwa doppelt so alter Choleraculturen.

In Gelatineplatten zeigen sich dem blossen Auge die ersten Anfänge der Colonieenbildung schon nach 16 Stunden als kleine weisse Pünktchen, die unter Gelatineverflüssigung rasch an Umfang zunehmen. Die Verflüssigung der Gelatine macht nun bei der Mehrzahl der Colonieen rasche Fortschritte, so dass schon nach 24 bis 30 Stunden ziemlich grosse kreisrunde, mit gleichmässig trüber Flüssigkeit gefüllte Schalen entstehen, die schliesslich zusammenfliessen. Derartige Colonieen ähneln in hohem Grade den bekannten Colonieen des Finkler'schen Bacillus. Andere Colonieen wieder gelangen erst viel später, nach 48 Stunden, zu einer makroskopisch sichtbaren Verflüssigung der Gelatine und stellen sich alsdann als weisse Punkte dar, welche im Centrum einer kleinen kreisrunden, mit klar verflüssigter Gelatine gefüllten Höhlung liegen, ein Anblick, der dem typischen Bilde älterer Choleracolonieen sich annähert.

Ebenso verschieden wie das makroskopische ist das mikroskopische Verhalten der Gelatineplattencolonieen. Betrachten wir nun zunächst das Aussehen der stark verflüssigenden Colonieen. Nach 24 Stunden gewahrt man Häufchen von ziemlich groben, das Licht stark brechenden Bröckeln, die in dünnen Schichten eine hellgelbe, in dickeren eine dunkel gelbbräunliche Farbe besitzen. Der Rand dieser Colonie ist von einer kreisrunden Zone feiner, in radiärer Richtung ausstrahlender Fäden umgeben.

Wird die Colonie älter, so dehnt sich der Strahlenkranz in concentrischem Fortschreiten immer weiter aus, während im Inneren die Bröckel und Körnchen durch klare verflüssigte Gelatine mehr und mehr aus einander gedrängt werden. Schliesslich stellt sich die Colonie als ziemlich grosse, von einem feinen Strahlenkranz umgebene Verflüssigungszone dar, in deren Innerem feine Bröckchen und Körnchen in klarer Flüssigkeit suspendirt sind.

Andere Colonieen besitzen in der Jugend eine hellgelbliche Farbe und schwach gewellten Contour, der wie mit flachen Wärzchen besetzt ist. Die Gelatine wird hier beim weiteren Heranwachsen nicht so rapide verflüssigt und es treten durch das Einsinken der eigentlichen Colonie in den Verflüssigungstrichter Bilder auf, die sehr an das Aussehen der Choleracolonieen erinnern. Wieder andere Colonieen stellen sich als bräunlichgelbe, fein granulirte Häufchen dar, von deren Oberfläche zarte Schlingen in die im Uebrigen klare Verflüssigungszone hineinragen. Untersucht man solche Colonieen an gefärbten Trockenpräparaten, so gewahrt man, dass sie fast ausschliesslich aus wohl ausgebildeten Spirillen zusammengesetzt sind. Schliesslich finden sich hin und wieder Colonieen, welche anscheinend die Gelatine gar nicht verflüssigen und die in der Tiefe der Gelatine als hellgelbe, kreisrunde oder leicht gewellte und oft concentrisch geschichtete Scheiben erscheinen von sehr feinkörnigem Gefüge, während die oberflächlichen Colonieen als hellweisse, sehr zarte und fein granulirte Schichten mit rundlichem und mehr oder weniger gelapptem Contour der Gelatine aufliegen. Im Laufe der Zeit, nach 4 bis 5 Tagen, kommt es jedoch auch hier zu einer deutlichen Verflüssigung, wodurch das Bild einem der vorher beschriebenen Typen sich annähert.

Der Vibrio M. bietet also, wie man sieht, recht erhebliche Formenunterschiede dar in Bezug auf sein Colonieenwachsthum in der Gelatineplatte. Diese Unterschiede fallen so stark in das Auge, dass ich bei meinen ersten Untersuchungen der frisch von Paris erhaltenen Agarculturen zunächst ernsthaft im Zweifel war, ob ich nicht ein Gemisch von mindestens zwei verschiedenen Arten vor mir hätte. Ich isolirte daher die beiden am weitesten differirenden Formen, einerseits die stark verflüssigenden Colonieen vom Finkler-Typus, die ich als *MI* bezeichnete, und daneben das andere Extrem, die am langsamsten verflüssigende Form als *MII*. Meine Monate lang fortgesetzten Untersuchungen haben mich nun überzeugt, dass beide Formen in der That nur Spielarten sind, die sich ausschliesslich durch ihre Gelatine verflüssigende Kraft unterscheiden, im Uebrigen aber in sämmtlichen sonstigen Eigenschaften, in ihrem Verhalten innerhalb und ausserhalb des Thierkörpers absolut identisch sind. Noch mehr, es ergab sich, dass immer wieder in den *MII*-

Culturen, wenn diese nach Ablauf einiger Wochen von Neuem mit dem Plattenverfahren untersucht wurden, Colonieen von dem Typus *MI* auftreten, während umgekehrt in den *MI*-Platten gelegentlich Colonieen auftauchten, deren Verflüssigungsvermögen erheblich geringer war, als das der übrigen Colonieen. Wodurch diese Variationen hervorgebracht werden, weiss ich zur Zeit noch nicht zu sagen. Ich dachte zunächst an einen Einfluss der Winterkälte, welcher die von Paris Anfangs Februar bei strengem Frost abgeschickten Culturen doch jedenfalls während des Transportes längere Zeit ausgesetzt waren. Diese Vermuthung wurde durch den Versuch als nicht stichhaltig dargelegt. Ich setzte *MI*-Culturen 24 Stunden lang in einer Kältemischung einer Temperatur aus, die zwischen minus 20° C. und 0° schwankte. Die mit dieser Cultur vor und nach der Kälteeinwirkung besäten Gelatineplatten liessen jedoch einen deutlichen Unterschied in der verflüssigenden Kraft der Colonieen nicht erkennen. Ich möchte hier daran erinnern, dass Fritsch[1] ganz ähnliche Variationen der Colonieenform bei dem Finkler'schen Bacillus beschrieben hat, die hier spontan in sehr alten Culturen auftraten, wo also die betreffenden Bacterien sehr lange Zeit auf erschöpftem Nährboden der Einwirkung ihrer eigenen Stoffwechselproducte ausgesetzt gewesen waren.

Alles in Allem ist es mir nicht zweifelhaft, dass es leicht ist, Platten, von denen die eine nur Cholera-, die andere nur Vibrio M.-Colonieen enthält, schon nach dem makroskopischen Anblick und sicherer noch unter dem Mikroskop zu unterscheiden. Dagegen möchte ich es für ausserordentlich schwierig, wenn nicht unmöglich halten, in einem Bacteriengemisch, wo unter zahlreichen Choleracolonieen vereinzelte Vibrio M.-Colonieen enthalten sind, die letzteren, besonders wenn sie atypisch wachsen, in jedem Falle als solche zu erkennen. Ich füge hinzu, dass ich als typische Form des Gelatinewachsthums die stark verflüssigenden, Finkler-ähnlichen Colonieen betrachte. In solchen Fällen haben wir jedoch im Thierexperiment ein Mittel, welches unter allen Umständen uns erlaubt, die Differentialdiagnose zwischen Cholera und Vibrio M. mit aller wünschenswerthen Sicherheit zu stellen. Der Vibrio Metschnikoff ist nämlich, wie dies schon ausführlich von dem Entdecker Gamaleia nachgewiesen wurde, für eine ganze Reihe von Thieren in hohem Grade pathogen, und von Allem sind es die Tauben, welche geradezu ein Reagens für die uns beschäftigenden Vibrionen darstellen. Niemals habe ich bei dieser Thiergattung im Laufe einer sehr ausgedehnten Versuchsreihe eine Fehlimpfung beobachtet. Die minimalste Menge einer Reincultur der Gamaleia'schen Vibrionen, etwa so viel wie an der Spitze einer Platin-

[1] *Archiv für Hygiene.* Bd. VIII. S. 369.

nadel hängen bleibt, genügt bei Impfung in den Brustmuskel, um innerhalb 20 Stunden den Tod herbeizuführen. Bei der Section findet man alsdann regelmässig eine sofort sehr in das Auge fallende Anschwellung des geimpften Brustmuskels. Derselbe zeigt sich beim Einschneiden in grosser Ausdehnung gelblich verfärbt und nekrotisirt und ist von beträchtlichen Mengen einer blutigen Oedemflüssigkeit durchtränkt, die von Vibrionen wimmelt. Das Herz ist stets prall mit geronnenem Blute angefüllt, die Lungen sind blutreich, Leber und Milz anämisch und schlaff. Das Herzblut, sowie der ausgestrichene Organsaft enthalten ungeheure Mengen von Vibrionen. Der Darm ist meist blass und mässig mit graugelblicher Flüssigkeit von der Consistenz der Mehlsuppe angefüllt. Im Darminhalt finden sich bei der mikroskopischen Untersuchung zahlreiche abgestossene Epithelzellen, aber nur sehr spärliche Vibrionen. Oft werden dieselben in mikroskopischen Präparaten ganz vermisst, und man bedarf des Plattenverfahrens, um ihre Anwesenheit festzustellen. Gamaleia giebt an, dass nach Impfung mit seinem schwachen Virus im Darminhalt zahlreiche Leukocyten zu finden seien. Ich habe etwas Derartiges nie zu bemerken Gelegenheit gehabt. In Uebereinstimmung mit Gamaleia habe auch ich gefunden, dass Tauben per os kaum inficirt werden können. So überstanden diese Thiere das Einflössen von 5 ^{ccm} einer trüben Aufschwemmung von frischen Vibrio-M.-Agarculturen mit Bouillon, auch wenn vorher durch 5 procent. Sodalösung für Alkalisirung des Kropf- und Mageninhaltes gesorgt war. Nur zwei von sechs in dieser Weise behandelten Thieren gingen innerhalb 24 Stunden zu Grunde. Hier fand sich die Lunge sehr blutreich, einzelne Läppchen derselben hatten eine dunkelrothe Farbe und waren luftleer; Ausstrichpräparate des Lungensaftes liessen geradezu enorme Mengen von Vibrionen erkennen, desgleichen zeigte sich das Herzblut reich an Vibrionen. Im Gegensatz dazu war der Darm blass; in seinem Inhalte waren mikroskopisch Vibrionen nicht nachweisbar, sogar im Kropf wurden nur noch sehr vereinzelte gekrümmte Bacterien unter einer Anzahl von anderen Mikroorganismen aufgefunden. Es gleichen diese Sectionsergebnisse durchaus denjenigen, welche von Gamaleia bei directer Einspritzung virulenten Blutes in die Luftröhre der Hühner beschrieben sind, und man wird schliessen dürfen, dass in den oben angeführten Fällen die vibrionenhaltige Bouillon durch unzeitige Respirationsbewegungen gleichfalls in die Luftröhre und in das Lungenparenchym gelangt ist, von wo aus den Vibrionen der Weg in die Blutbahn offen stand.

Versuche an Hühnern habe ich nur in beschränkter Zahl gemacht. Ein erwachsenes und ein junges Huhn wurden mit den sehr vibrionenreichen Organen von Tauben gefüttert. Beide blieben gesund. Ferner

injicirte ich zwei weiteren Hühnern und zwar gleichfalls einem erwachsenen und einem jungen Thiere je 1 ^{ccm} einer vibrionenhaltigen Bouilloncultur in den Brustmuskel. Nur das Hühnchen ging zu Grunde und zeigte einen Obductionsbefund, der völlig dem der an Vibrio M. gestorbenen Tauben glich. Es fand sich dieselbe locale entzündliche Reaction, Verfärbung der betreffenden Muskelpartieen, sanguinolentes Oedem mit zahlreichen Vibrionen; das Herzblut enthielt jedoch nur vereinzelte Exemplare derselben. Der Darm war blass, nur die Oberfläche der Schleimhaut zeigte eine fleckige Hyperämie; der Darminhalt liess mikroskopisch zahlreiche desquamirte Epithelien, doch keine Vibrionen erkennen.

Unter den Säugethieren erwiesen sich Mäuse für den Vibrio M. nur wenig empfänglich. Sie wurden zwar nach Impfung in die Schwanzwurzel mehrere Tage sichtlich krank, erholten sich jedoch alsdann wieder. Dagegen zeigte sich der uns beschäftigende Mikroorganismus fast eben so pathogen für Meerschweinchen als für Tauben. Der sicherste Infectionsmodus ist auch hier die subcutane Impfung. Ausnahmslos tödtliche Infection vermochte ich zu erzielen durch subcutane Injection eines Cubikcentimeter einer Aufschwemmung von vibrionenhaltigem Taubenblut in Bouillon. Bei Einführung kleinerer Vibrionenmengen in das Unterhautzellgewebe war der tödtliche Ausgang nicht so constant. Impfte ich beispielsweise die Thiere in derselben Weise wie die Tauben, nämlich mittelst des in die Cultur getauchten Platindrahtes, so blieb immer eine gewisse Anzahl, etwa 10 Prozent am Leben.

Die ersten Krankheitserscheinungen treten sehr bald nach der Impfung auf. Schon nach 2 Stunden, wo die Thiere sonst noch ziemlich munter sind, giebt das Thermometer eine Erhöhung der Körperwärme um 1 bis 2° C. an. Diese anfängliche Temperaturerhöhung ist jedoch nur vorübergehend und macht einem stetigen Sinken der Körperwärme Platz, wobei die Thiere unlustig werden und zusammengekauert unbeweglich dasitzen. Schliesslich fällt die Temperatur bis auf 33° C., ja noch darunter, die hinteren Extremitäten der schwer kranken Thiere sind wie gelähmt, und 18 bis höchstens 24 Stunden nach der Impfung erfolgt oft unter Muskelzuckungen der Tod.

Bei der Obduction findet man ein von der Impfstelle ausgehendes massiges Oedem von sanguinolenter Beschaffenheit, welches oft über den halben Körperumfang sich erstreckt. Lungen hyperämisch, die Pleuren enthalten öfters ein klares seröses Exsudat, Herz prall gefüllt mit geronnenem Blut, Unterleibsorgane blass. Der Darm ist gleichfalls blass, der Darminhalt lässt mikroskopisch nur sehr spärliche Vibrionen erkennen, während die Oedemflüssigkeit, das Blut und der Organsaft sehr reich sind an diesen Mikroorganismen.

Bei Meerschweinchen gelingt auch die Infection vom Darmcanal aus, doch genügt es nach meinen Erfahrungen nicht, wie Gamaleia angiebt, ihnen einfach eine virulente Bouilloncultur einzuflössen. Man muss vielmehr für Alkalisirung des Magens durch Sodalösung Sorge tragen und den Darm durch intraperitoneale Einspritzung von Opiumtinctur ruhig stellen. Nach gelungener Infection findet man dann den Darm sehr stark entzündet und tief purpurroth gefärbt. Die entzündliche Reaction des Darmes ist sehr viel intensiver, als bei der artificiell erzeugten Meerschweinchen-Cholera, und die Vibrionen treten nicht allein im Darminhalt, sondern in reichlicher Anzahl im Herzblut der Thiere auf.

Ich glaube, die eben beschriebenen Thierexperimente sprechen nicht gerade für die Ansicht Gamaleia's, dass Vibrio M. und der Koch'sche Kommabacillus nichts Anderes sind, als „deux variétés physiologiques du même microbe". Zwar behauptet der russische Forscher, um die Beziehungen zwischen beiden Bacterienspecies möglichst eng erscheinen zu lassen, dass auch bei dem Vibrio M. bei jedem Impfmodus der Darmcanal die Hauptlocalisationsstelle darstelle, eine Auffassung, die auch in dem von ihm gewählten Namen gastro-entérite cholérique unverhüllt zu Tage tritt. Doch kann ich mich nach meinen Thierversuchen dem nicht ohne Weiteres anschliessen.

Eine wirkliche, unzweifelhaft entzündliche Darmaffection konnte ich nur in den Fällen constatiren, wo der Darm entweder selbst die Eingangspforte für die Vibrionen gewesen war, oder wo er doch, wie beispielsweise bei intraperitonealer Infection, direct unter der entzündungserregenden Wirkung der Mikroorganismen gestanden hatte. Im Uebrigen verläuft die durch den Vibrio M. bedingte Infection so gut wie ausschliesslich in der Blutbahn und schliesst sich eng an schon längst bekannte Septicämieen an, von denen ich hier nur an die Hühnercholera und die Stäbchensepticämie der Mäuse erinnern will. Nach bekannten Analogieen möchte ich für die neue, von Gamaleia entdeckte Thierkrankheit den Namen Vibrionensepticämie vorschlagen, der jedenfalls mehr den thatsächlichen Verhältnissen entspricht. Bei subcutaner oder intramusculärer Impfung, ferner bei Infection von den Luftwegen aus findet man regelmässig den Darm blass, die Schleimhaut höchstens etwas hyperämisch; der Darminhalt enthält nur sehr spärliche Vibrionen, ein Befund, der lebhaft mit der Unzahl der im Blute cursirenden Mikroorganismen contrastirt.

Gamaleia hatte gefunden, dass alte Hühner, welche sonst auf keine Weise künstlich inficirt werden können (wohl aber spontan erkranken), sterben, wenn man ihnen grössere Mengen, 1 ^{ccm} beispielsweise, von vibrionenhaltigem Taubenblut direct in die Lungen oder in die Luftröhren

injicirt. Gamaleia glaubt sich in Folge dieser Beobachtungen, deren Richtigkeit ich im Uebrigen nicht bezweifeln will, für berechtigt, den Infectionsweg von der Lungenoberfläche aus als „le mode naturel“ zu erklären. Wo in aller Welt aber findet ein Thier Gelegenheit, derartige Mengen virulenten Materiales in seine Luftwege aufzunehmen, wenn sie ihm nicht die Hand des Experimentators einspritzt? In der Natur gelangt nur Staub in die Lungen, und hätte Gamaleia den natürlichen Infectionsmodus nachahmen wollen, so wäre es ihm ein Leichtes gewesen, getrocknete und gepulverte Culturen seiner Vibrionen, am besten sporenhaltiges Material, seine Versuchsthiere inhaliren zu lassen. Dass solch' ein Versuch, auch wenn er wirklich gelungen wäre, aber immer noch nichts besagen würde für die Aetiologie der Cholera asiatica, wie Gamaleia uns glauben machen will, wird mir so lange unbestreitbar sein, als Dauerformen des Koch'schen Bacillus, welche dem Eintrocknen Stand halten, noch nicht bekannt sind.

Ferner giebt Gamaleia an, seinen Vibrio als Krankheitserreger in einem Falle von Cholera sporadica beim Menschen gefunden zu haben. Es liegt mir ferne, für Odessa eine derartige Möglichkeit völlig auszuschliessen, aber über allen Zweifel erhaben ist die Angabe des russischen Forschers sicherlich nicht. Gamaleia fütterte ein junges Huhn mit den reiswasserähnlichen Stühlen des Cholerischen und sah sein Versuchsthier 3 Tage darauf an typischer „Gastro-entérite cholérique“ zu Grunde gehen.

Es ist hier zunächst die Möglichkeit einer Spontan-Infection nicht von der Hand zu weisen; andererseits zugegeben, dass die Vibrionen thatsächlich in dem Darminhalt vorhanden waren, was beweist uns, dass grade sie die schwere Erkrankung des Menschen verursachten. Es könnte sich ja um ein zufälliges Vorkommen des Vibrio M. im Darminhalt gehandelt haben, ähnlich wie Fincler seiner Zeit den nach ihm benannten Vibrio gleichfalls im Stuhl eines an Cholera sporadica Gestorbenen fand, wo doch, wie wir jetzt wissen, von einem Causalzusammenhange zwischen der choleraähnlichen Erkrankung und der Anwesenheit des betreffenden Bacterium sicher nicht die Rede sein konnte. Man wird also zunächst wohl noch mit seinem Urtheil zurückhalten müssen, bis Gamaleia an einer grossen Zahl von Fällen die stete Anwesenheit seiner Vibrionen nachgewiesen hat, und zwar dürfte der Befund ganz vereinzelter, nur durch das Thierexperiment nachweisbarer Vibrionen, den Annahmen Gamaleia's entgegen, nicht genügen, sondern man wird darauf bestehen müssen, dass die krankmachenden Mikroorganismen wenigstens doch hin und wieder in einer Menge gefunden werden, welche der Schwere der durch sie verursachten Krankheit entspricht. Dagegen, dass dieser Nachweis leicht zu erbringen sein wird, sprechen die zahlreichen stets negativen Resultate Koch's und seiner

Mitarbeiter, welche auch durch Gamaleia's Einwendungen gegen die Plattenmethode nicht entkräftet werden. Colonieen, welche so lebhaft an Cholera asiatica erinnern, hätten den spähenden Augen so vieler und guter Beobachter nicht entgehen können.

Die bisher erörterten Thatsachen und Erwägungen machen es schon recht unwahrscheinlich, dass zwischen Cholera asiatica und Vibrio Metschnikoff allzu nahe Beziehungen bestehen; doch bedürfen noch einige positive Angaben Gamaleia's der eingehenden Berücksichtigung, zumal deren Bejahung oder Verneinung die Angelegenheit in diesem oder jenem Sinne endgültig entscheiden dürfte. Gamaleia glaubte den Beweis für die Identität der Cholera asiatica und der von ihm entdeckten Vibrionenart erbracht zu haben und zwar gestützt auf folgende Behauptungen: 1. Es ist möglich, durch geeignete Methoden den Koch'schen Kommabacillus so umzuzüchten, dass er bei Tauben eine schnelltödtende Septicämie hervorbringt, die alsdann von der gastro-entérite cholérique nicht zu unterscheiden ist. 2. Es gelingt durch Präventivimpfungen mit Cholera asiatica Thiere gegen die Vibrionensepticämie immun zu machen und vice versa. Die erste Behauptung ist von Nocht und mir als unbegründet zurückgewiesen worden,[1] mit der zweiten werden wir uns im Folgenden eingehender zu beschäftigen haben. Zunächst war zu ermitteln, ob Thiere gegen die Vibrionensepticämie immun gemacht werden können, und ich fand in der That, im Einklange mit Gamaleia, dass es unschwer gelingt, Meerschweinchen und Tauben durch Injection sterilisirter Bouillonculturen in Dosen, welche zwar einen deutlich toxischen Effect haben, aber noch vertragen werden, gegen die Wirkung des lebenden Giftes zu schützen. Genauer studirte ich die fraglichen Verhältnisse bei Meerschweinchen.

Die benutzten Bouillonculturen wurden bei Brüttemperatur gezüchtet. Es kamen sowohl junge, 3 bis 5 Tage alte Culturen, als auch solche, die bis zu 20 Tagen bei 37° C. gestanden hatten, zur Verwendung. Sterilisirt wurden sie durch halbstündiges Erhitzen im Dampfkochtopf, wonach, wie Controlimpfungen auf schräg erstarrtem Agar ergaben, alles Leben in ihnen abgetödtet war. Die in dieser Weise sterilisirten Culturflüssigkeiten zeigten nun sowohl bei subcutaner als auch intraperitonealer Einspritzung schon in verhältnissmässig geringen Dosen von 1 bis 2 ^{ccm} eine sehr ausgesprochene krankmachende Wirkung, und zwar nahm der toxische Effect sichtlich zu mit dem Alter der Cultur. Während von jungen, bis 5 Tage alten Culturen, 3, 4 ja 5 ^{ccm} intraperitoneal noch eben vertragen wurden, führte die Injection von nur 2 ^{ccm} einer 20 Tage alten Cultur in der

---

[1] Vgl. *diese Zeitschrift.* 1889. S. 259.

Mehrzahl der Fälle zum Tode. Gleich nach der Injection werden die Versuchsthiere unlustig und sitzen zusammengekauert in eine Ecke zusammengedrängt. Die in recto gemessene Körperwärme beginnt zu sinken und kann innerhalb 1 bis 2 Stunden schon zwei und mehr Grade unter die Norm gefallen sein. Ist die Dosis nun nicht tödtlich, so beginnen die Thiere sich jetzt wieder zu erholen, während gleichzeitig die Temperatur rapide ansteigt und sich in kurzer Zeit um zwei und mehr Grade über die Norm erhebt, so dass unter diesen Umständen innerhalb 3 bis 4 Stunden Schwankungen der Eigenwärme um 4° und mehr beobachtet werden können. Unter allmählichem Abklingen der Fiebertemperatur verschwinden nun ziemlich rasch alle Krankheitserscheinungen und, nach Ablauf von 24 Stunden sind die Thiere wieder so munter, wie zuvor. Ich füge hinzu, dass bei sehr kleinen Dosen (1 ^{ccm} 5 Tage alter Cultur) die primäre Temperaturerniedrigung nur sehr gering ist, so dass anscheinend sofort nach der Injection sich ein nur wenige Stunden dauerndes Fieber einstellt.

Bei stärkeren, letalen Dosen steriler Bouillonculturen bleibt das zweite Stadium der fieberhaften Reaction ganz aus, die Temperatur sinkt andauernd immer tiefer und tiefer, bis schliesslich oft erst nach 36 bis 48 Stunden unter den Erscheinungen tiefster Prostration und bei Körpertemperaturen von 33° C. und darunter der Tod eintritt. Bei der Section habe ich mich regelmässig sowohl durch die mikroskopische Untersuchung der Körpersäfte, als auch durch Ueberimpfen derselben auf Agaragar von dem vollständigen Fehlen von Mikroorganismen überzeugt. Das Obductionsbild war von der Abwesenheit der Vibrionen abgesehen identisch mit dem der Vibrionensepticämie; nur zeigte die Leber oft sehr auffallende pathologische Abweichungen. In Fällen, wo in Folge der Vergiftung der Tod sehr rasch eingetreten war, war die Leber nur wenig vergrössert, die einzelnen Leberläppchen erschienen vergrössert und zeigten einen helleren, gelbröthlichen peripherischen und rothbraunen centralen Theil. Hatte die Vergiftung einen protrahirten Verlauf genommen (48 Stunden und mehr), so war die Anschwellung der Leber sehr viel beträchtlicher, die Läppchenzeichnung war undeutlich, die Farbe der gesammten Leber hellgelb, ihre Consistenz sehr brüchig. Als Ursache dieser Veränderung liess sich durch das Mikroskop eine mehr oder weniger beträchtliche Verfettung der Leberzellen erkennen. Letztere waren mit Fetttröpfchen von dem verschiedensten Durchmesser, von grossen, die halbe Zelle ausfüllenden Tropfen bis zu den feinsten, noch eben erkennbaren Stäubchen hinab, angefüllt. Ihr Kern war meist durch Essigsäure noch kenntlich zu machen.

Die so enorm giftigen 20 Tage alten Bouillonculturen zeigten nun

einen überraschend hohen Alkalescenzgrad. Während die frische Bouillon 7 ccm Normal-H_2SO_4 pro Liter zur Neutralisirung bedurfte, erforderte die gleiche Menge der toxischen Bouilloncultur 35 ccm, ein Beweis, dass eine sehr beträchtliche Menge basischer Körper neu gebildet war. Es war nun recht gut möglich, dass ein Theil der toxischen Wirkung auf Rechnung des freien Alkali kam. Ich brachte daher einige sterile Bouillonröhrchen durch Zusatz von kaustischem oder kohlensaurem Ammoniak auf den doppelten Alkalescenzgrad der toxischen Bouillon und injicirte Meerschweinchen Mengen von 4 ccm in die Bauchhöhle, jedoch ohne dass die

Meerschweinchen 415 grm schwer, 2 ccm toxische Bouillon intraperitoneal, nicht neutralisirt.

Zeit	Temperatur	Bemerkungen
1./V. 9 Uhr	38·5	Injection
„ 10 „	37·6	Thier sehr krank
„ 12 „	36·4	„
„ 2 „	34·8	„
„ 4 „	34·0	„
2./V. 9 „	—	während d. Nacht gestorben

Meerschweinchen 460 grm schwer, 2 ccm derselben Bouillon intraperitoneal, durch H Cl neutralisirt.

Zeit	Temperatur	Bemerkungen
3./V. 1 Uhr	38·2	Injection
„ 4 „	37·4	Thier sehr krank
„ 5 „	36·9	„
4./V. 9 „	33·0	Thier moribund
„ 10 „	—	gestorben

Meerschweinchen 425 grm schwer, 2 ccm derselben Bouillon intraperitoneal, durch $^1/_{10}$ Normal-H_2SO_4 neutralisirt.

Zeit	Temperatur	Bemerkungen
1./V. 9 Uhr	38·2	Injection
„ 12 „	37·3	Thier sehr krank
„ 5 „	36·8	Thier beginnt sich z. erholen
2./V. 9 „	36·8	Thier ziemlich munter
„ 3 „	**39·4**!	
3./V. 9 „	39·1	Thier ganz munter
„ 4 „	38·8	„
4./V.	normal	

Versuchsthiere erkrankten. Andererseits neutralisirte ich die toxische Bouillon durch Chlorwasserstoffsäure oder Schwefelsäure und hierbei ergab sich das ganz unerwartete Resultat, dass die Salzsäure den toxischen Effect in keiner Weise beeinträchtigte, während der Schwefelsäurezusatz die Giftwirkung zum grossen Theil aufhob. Das Interesse, welches diese Beobachtung beansprucht, wird es entschuldigen, wenn ich einen derartigen Versuch in extenso anführe, wobei ich hinzufüge, dass eine Wiederholung desselben ganz identische Resultate ergab. (Vgl. Tabelle S. 358.)

Wie hier die Schwefelsäure wirkt, vermag ich zur Zeit noch nicht zu sagen, möglicher Weise durch Bildung gepaarter Verbindungen, die ungiftig, bezw. weniger giftig sind. Die genauere chemische Untersuchung der giftigen Stoffwechselproducte des Vibrio M. behalte ich mir vor, nur soviel habe ich noch ermittelt, dass das giftige Princip nicht flüchtig ist, da das Destillat der toxischen Bouillonculturen auch in Mengen von 5 ^{ccm} Meerschweinchen nicht einmal krank macht.

Für die Zwecke der vorliegenden Arbeit genügte mir der Nachweis, dass es in der That gelingt, durch mehrmalige, in Pausen von 1 bis 2 Tagen wiederholte Injection sterilisirter Culturen Meerschweinchen und Tauben immun zu machen, und zwar tritt diese Immunität erst etwa 14 Tage nach Beginn der Injectionen in Wirkung, da Thiere, welche vor Ablauf dieser Frist mit den lebenden Bacterien inficirt wurden, zu Grunde gingen. Da es mir darauf ankam, den sichersten Infectionsmodus bei den Controlimpfungen anzuwenden, so bediente ich mich zur Constatirung der erlangten Immunität subcutaner Injectionen von vibrionenhaltigem Taubenblut, überzeugte mich jedoch, dass auch bei Einführung des Virus in den Darmcanal die Infection ausbleibt.

Schon früher habe ich angegeben, dass einzelne Meerschweinchen die Impfung mit Vibrio Metschnikoff-Culturen überstehen. Letztere erwerben dadurch, wie Gamaleia gleichfalls schon gefunden hat, eine nach meinen bisherigen Beobachtungen absolute Immunität gegen jede Infection mit dieser Bacterienart. Untersucht man nun den Krankheitsverlauf genauer einmal bei Meerschweinchen, die durch Injection sterilisirter Culturen immun geworden sind, und andererseits bei solchen, die von vornherein sich refractär verhalten, so findet man eine bemerkenswerthe Uebereinstimmung. Es entwickelt sich nämlich an der Impfstelle zunächst ein ziemlich starkes entzündliches Oedem. Gleichzeitig bekommen die Thiere lebhaftes Fieber; während nun aber bei den nicht immunen Thieren die Temperaturerhöhung bald einer stetigen zunehmenden Erniedrigung der Körperwärme Platz macht, dauert bei den immunen und refractären Thieren das Fieber an und erhält sich mehrere, 2, 3, auch 4 Tage auf seiner Höhe. Dabei sind die Thiere ziemlich munter und

fressen. Die localen Entzündungserscheinungen bilden sich indess langsam zurück; gewöhnlich kommt es im Centrum der Entzündungsgeschwulst zu nekrotischer Abstossung kleinerer Hautpartieen, worauf unter Narbenbildung vollständige Heilung eintritt. Interessant ist der Parallelismus der Schwankungen der Körperwärme bei Injectionen sterilisirter Culturen und bei Infection mit dem lebenden Virus. Bei der Infection werden ja immer nur sehr geringe Mengen der giftigen Stoffwechselproducte mit übertragen; die Bildung der letzteren im Thierkörper hält sodann gleichen Schritt mit der Vermehrung der Vibrionen. Man wird daher zunächst auch nur die Wirkung minimaler Giftdosen, die, wie wir früher sahen, eine primäre Fieberwirkung hervorrufen, bemerken können. Bietet nun der inficirte Organismus den Bacterien einen guten Nährboden, so werden sich dieselben stark vermehren, viel Gift produciren, und wir gewahren in der nun sich einstellenden Temperaturerniedrigung denselben toxischen Effect, wie er auch durch die Injection alter, giftreicher Culturen hervorgerufen wird. Ist dagegen der Organismus von vornherein, oder in Folge vorhergegangener Schutzimpfungen nicht geeignet für das Wachsthum der Vibrionen, so wird auch deren Giftproduction immer nur gering sein können; so erklärt sich ungezwungen das Andauern der Fiebertemperatur und das Ausbleiben der Temperaturerniedrigung. Uebrigens halten sich die Vibrionen auch im immunen Thierkörper beträchtliche Zeit. So vermochte ich dieselben noch nach 90 Stunden durch das Plattenverfahren aus der Oedemflüssigkeit der Impfstelle zu züchten bei einem Meerschweinchen, das schon zwei Impfungen mit lebenden Bacterien überstanden hatte. Einschluss der Vibrionen in Micro- oder Macrophagen habe ich nie bemerkt. Durch einen so lang andauernden Aufenthalt im immunen Thierkörper büsst nun der Vibrio M. von seiner Virulenz für Meerschweinchen etwas ein, so dass alsdann nur noch etwa die Hälfte der geimpften Thiere erliegt, während eine Herabminderung der Virulenz für Tauben in keiner Weise nachweisbar war.

5 Meerschweinchen, die ich nach den oben beschriebenen Methoden immunisirt hatte gegen die Gamaleia'schen Vibrionen, wurden nun nach der Koch'schen Methode mit Cholera inficirt. Davon gingen vier an typischer Cholera zu Grunde, während eines auch mehrfach wiederholten Cholerainfectionen Trotz bot, obwohl es jedes Mal sehr krank wurde und eine starke Erniedrigung seiner Körpertemperatur erkennen liess. Es entspricht dieses Resultat durchaus der Mortalität, wie sie auch sonst bei der Inficirung von Meerschweinchen mit Cholera unter den günstigsten Verhältnissen beobachtet wird. Immune Tauben konnte ich auf ihr Verhalten gegen die Cholera asiatica nicht prüfen, da sie der Cholerainfection, wie Nocht und ich fanden, kaum zugänglich sind.

Dagegen war es ja sehr leicht, Tauben und Meerschweinchen, welche mit Cholera asiatica in der mannigfachsten Weise vorbehandelt waren, daraufhin zu prüfen, ob sie nun gegen die Vibrionensepticämie geschützt seien. Das Resultat war in allen Fällen negativ, d. h. die Versuchsthiere erlagen sämmtlich unter den bekannten Krankheitserscheinungen innerhalb 24 Stunden der Septicämie. Ich möchte an dieser Stelle Herrn Stabsarzt Dr. Nocht meinen Dank aussprechen für die Liebenswürdigkeit, womit er sowohl die Schutzimpfungen als auch die Controlimpfungen mit Cholera übernommen hat. Was zunächst die Tauben anbetrifft, so erhielten sie als Präventivimpfung einmal oder mehrmals einen ganzen Cubikcentimeter trüber Bouillonaufschwemmung von frischen Cholera-Agarculturen in den Brustmuskel injicirt.

Frühestens 14 Tage nach diesen Injectionen bekamen die Tauben eine Platinöse von Vibrio Metschnikoff-Reincultur subcutan und gingen alsdann sämmtlich innerhalb 18 bis 20 Stunden unter dem typischen Bilde der Vibrionensepticämie zu Grunde.

Bei Meerschweinchen versuchte ich die Immunisirung nach drei verschiedenen Methoden:

1. Eine Anzahl von Thieren erhielt genau nach dem bei dem Vibrio M. befolgten Modus sterilisirte Cholerabouillon-Culturen, die 5 Tage bei Brüttemperatur gezüchtet und alsdann im Dampfkochtopf durch halbstündiges Erhitzen abgetödtet waren, intraperitoneal in Mengen von 2 bis 4 ^{ccm}. Diese Injectionen wurden 4 bis 5 Tage hintereinander wiederholt.

2. In einer zweiten Versuchsreihe erhielten die Thiere eine einmalige subcutane Injection von 1 ^{ccm} einer dicken Bouillonaufschwemmung von frischen Cholera-Agarculturen.

3. Eine Anzahl von Meerschweinchen, welche die Cholerainfection vom Darm aus nach dem Koch'schen Verfahren überstanden hatten, wurden auf ihr Verhalten gegen die Vibrionensepticämie geprüft.

Die Controlimpfung geschah, wie bei den immunen Metschnikoff-Thieren, durch subcutane Einspritzung eines Gemisches von vibrionenhaltigem Taubenblut und Bouillon uud hatte ausnahmslos den Effect, dass die Thiere innerhalb 24 Stunden einer durchaus typischen Vibrionensepticämie erlagen.

Nach diesen Resultaten glaube ich mich berechtigt, behaupten zu dürfen, dass eine wechselseitige Immunität zwischen Cholera asiatica und Vibrio Metschnikoff nicht existirt. Wie die so abweichenden Resultate Gamaleia's zu erklären sind, entzieht sich natürlich der Beurtheilung. Nur möchte ich auf eine Thatsache aufmerksam machen, die ich im Beginn meiner Versuche feststellen konnte. Von der Idee geleitet, dass die Gamaleia'schen Vibrionen, deren Stoffwechselproducte doch vielfache

Aehnlichkeit mit denen der Cholera besitzen, den Taubenkörper vielleicht so umzuwandeln vermöchten, dass auch die gleichzeitig mit eingebrachten Cholerabacillen darin zu gedeihen im Stande wären, injicirte ich Tauben Gemische, die aus enormen Mengen von Cholerabacillen und nur vereinzelten Metschnikoff-Vibrionen bestanden. Der Effect war aber nicht der erwartete. Das Blut der betreffenden Thiere enthielt nur die letzteren Vibrionen, während die Cholera trotz ihrer anfänglichen enormen Ueberlegenheit an Zahl zu Grunde gegangen waren. Gelangt also durch einen unglücklichen Zufall auch nur ein Vibrio M. in eine Choleracultur, so wird trotzdem bei der Impfung von Thier zu Thier die Cholera ganz aus dem Felde geschlagen werden und schliesslich eine Reincultur der Metschnikoff-Vibrionen resultiren. — Als Resultate meiner Untersuchungen komme ich zu folgenden Sätzen:

1. Cholera asiatica und Vibrio Metschnikoff sind morphologisch, besonders aber durch die Form ihrer Colonieen in Gelatineplatten unterschieden.

2. Beide Bacterienspecies geben unter gleichen Verhältnissen die Cholerarothreaction. Trotzdem ist es leicht, beide Mikroorganismenarten zu unterscheiden, da

3. der Vibrio Metschnikoff für Tauben ganz ausserordentlich pathogen ist, während die Cholera für diese Thiere so gut wie gar keine Virulenz besitzt.

4. Es ist möglich, Meerschweinchen und Tauben gegen Vibrio M. zu immunisiren.

5. Eine wechselseitige Immunität der mit Vibrio M. vorgeimpften Thiere gegen Cholera asiatica und umgekehrt besteht nicht.

Erklärung der Photogramme.

(Tafel III.)

Fig. 1. Gelatineplatte von Vibrio M. genau 24 Stunden alt, bei Zimmertemperatur (20° C.) gewachsen, natürliche Grösse.

Fig. 2. Gelatineplatte von Vibrio M., etwa 20 Stunden alt, bei 50 facher Vergrösserung.

Fig. 3. Stichcultur des Vibrio M. in 10 procentiger Gelatine.

Fig. 4. Eine der betreffenden Colonieen bei 100 facher Vergrösserung.

Fig. 5. Herzblut einer an Vibrionensepticämie gestorbenen Taube, Deckglaspräparat gefärbt mit Fuchsin. Apochromat Zeiss 2 mm, Apertur 1·40. Vergrösserung 1000 fach.

Fig. 6. Klatschpräparat von Vibrio M.-Gelatineplatten. Fuchsinfärbung. Vergrösserung 1000 fach, Apochromat Zeiss 2 mm. A. 1·40.

Ueber die Desinfection der Latrinen mit Kalk.

Von

Dr. **E. Pfuhl,**
Stabsarzt in Berlin.

Nachdem ich im Anschluss an die Untersuchungen von Liborius festgestellt hatte, dass die Typhus- und Choleraausleerungen durch verhältnissmässig geringe Mengen Kalkmilch desinficirt werden können,[1] galt es zu untersuchen, ob und in welcher Weise sich die im Laboratorium gewonnenen Ergebnisse für die Praxis, namentlich für die Desinfection von Fäkalien in Tonnen und Gruben, sowie von Stechbecken, verwerthen lassen.

Der käufliche gebrannte Kalk, welcher für die Desinfection im Grossen allein in Betracht kommen kann, enthält stets steinige Beimengungen, welche 1 bis 10 Procent und mehr betragen können und je nach ihrer Menge die Wirksamkeit des Kalkes beeinträchtigen. Beim Ankauf von gebranntem Kalk muss man deshalb darauf achten, dass man ein möglichst reines Material erhält. Die Stadt Wiesbaden,[2] welche zur Klärung und Desinfection der Abwässer lediglich Kalkmilch verwendet und pro 24 Stunden zwischen 2000 bis 3000 ^{kgrm} Kalk verbraucht, lässt die Kalkmilch aus reinem Lahnkalk herstellen, der so rein ist, dass er nur etwa 1 Procent Verunreinigungen enthält. Dies Beispiel zeigt, dass es sehr wohl möglich ist, selbst für grösseren Bedarf ein gutes Material zu beschaffen.

---

[1] *Diese Zeitschrift.* Bd. VI. S. 97.

[2] Referat des Gas- und Wasserwerk-Directors Winter in der 14. Versammlung des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege am 14. September 1888. *Bericht des Ausschusses.* S. 94—95.

Wenn man sich über den Kalk, der zu Desinfectionszwecken geliefert ist, schon vorher ein Urtheil bilden will, braucht man nur mehrere Proben davon zu entnehmen, dieselben abzuwiegen und daraus Kalkmilch zu bereiten, worauf man durch Titriren mit Normalsalzsäure feststellen kann, wie viel Calciumoxyd und wie viel unwirksame Bestandtheile in den betreffenden Proben enthalten sind. Ein noch bequemeres Prüfungsverfahren besteht darin, dass man sich die Kalkmilch in einem Glase bereitet und darauf achtet, wie viel steinige Beimengungen sich auf dem Boden des Glases aufsammeln. Wenn man nun einmal gesehen hat, wie gering dieser steinige Bodensatz bei gutem Kalk ist, so fällt es nicht schwer, aus der Menge des steinigen Bodensatzes jedes Mal zu erkennen, ob der gelieferte Kalk von guter Beschaffenheit ist, oder ob er als unbrauchbar zurückgewiesen werden muss. Doch selbst nach der genauen Analyse von mehreren Proben kann der Procentsatz der Verunreinigungen des ganzen Vorrathes stets nur annähernd bestimmt werden. Wir werden deshalb darauf verzichten müssen, aus dem käuflichen gebrannten Kalk eine genau dosirte Kalkmilch anzufertigen. Glücklicher Weise genügt es für die Praxis, wenn wir nur eine Kalkmilch von annähernd bestimmtem Procentgehalt herstellen.

Am einfachsten verfährt man so, dass man den gebrannten Kalk zunächst pulverförmig löscht und erst aus dem Kalkhydratpulver, welches bei geeignetem Löschverfahren von ziemlich gleichmässiger Beschaffenheit ist, durch Mischung mit Wasser eine beliebig starke Kalkmilch herstellt. Man hat dabei den Vortheil, dass das übrig bleibende Kalkhydratpulver wenigstens für kürzere Zeit in irgend einem Behälter, z. B. in einer Tonne oder Kiste, aufbewahrt werden kann. Zur Unterbringung des Vorrathes dürfen freilich nicht Räume benutzt werden, die reich an Feuchtigkeit und Kohlensäure sind, wie Keller oder bewohnte Räume.

Was nun das Löschen anlangt, so würden nach der Theorie 100 Gewichtstheile Calciumoxyd nur 32·14 Theile Wasser erfordern. Es kommt jedoch in Betracht, dass bei der Vereinigung des Calciumoxyds mit Wasser eine starke Wärmeentwickelung und ein Verdampfen des noch nicht gebundenen Wassers eintritt. Man muss deshalb beim Löschen des Kalkes mehr Wasser verwenden, als die Theorie verlangt, und es empfiehlt sich, nahezu die doppelte Menge Wasser, etwa 60 Theile auf 100 Theile gebrannten Kalk, zu nehmen.

Beim Löschen muss man den letzteren in einem Behälter so ausbreiten, dass womöglich jedes Stück den Boden berührt, damit das nach und nach zugegossene Wasser von unten her aufgesogen werden kann. In Folge der beim Löschen entwickelten Hitze verdampft das überschüssige Wasser fast gänzlich. Man darf keinesfalls zuerst das gesammte Wasser

in den Behälter giessen und dann die Kalkstücke hineinthun. Dadurch würde das Löschen ausserordentlich erschwert und verlangsamt werden. Der Kalk „ersäuft“ dann, wie der technische Ausdruck lautet. Auch empfiehlt es sich nicht, die Kalksteine zu einem hohen Haufen aufzuschichten. Es könnte dann vorkommen, dass der oberste Theil zu wenig Wasser erhält und unvollständig gelöscht wird. Nach dem Löschen sind die gröberen steinigen Beimengungen, sowie etwaige ungelöschte Theile so gut wie möglich zu entfernen. Auf diese Weise erzielt man verhältnissmässig gleichförmige Präparate, welche in der Praxis als gleichwerthig angenommen werden können.

Um zu erfahren, ob zwischen dem Gewicht und dem Volumen des Kalkhydratpulvers einfache Beziehungen bestehen, wurde Kalkhydratpulver mit hölzernen Messgefässen, wie man sie vielfach in Verkaufsläden in Gebrauch sieht, aus dem Vorrath entnommen, abgestrichen und dann gewogen. 1 Liter Kalkhydrat wog dabei 505 ^{grm} und eine Menge, die ein hölzernes Fünflitermaass fasste, 2450 ^{grm}. Danach kann man wohl für die Praxis ein Liter Kalkhydrat als $^1/_2$ ^{kgrm} schwer annehmen und das geringe Mehr- oder Mindergewicht vernachlässigen.

Wird Kalkhydratpulver mit Wasser gemischt, so nimmt es nur etwa $^1/_5$ seines ursprünglichen Volumens ein. Die durch den Kalk selbst bedingte Volumenzunahme der Kalkmilch braucht deshalb in der Praxis wohl kaum in Rechnung gezogen werden.

Unter diesen Umständen ist nun die Herstellung einer Kalkmilch, die Kalk und Wasser in einem bestimmten Gewichtsverhältniss enthalten soll, so einfach, dass sie jedem Kranken- oder Kasernenwärter überlassen werden kann. Die wesentlichste Vereinfachung besteht darin, dass das Abwiegen des Kalkes vermieden wird, da die Anwendung der Wage für die betreffenden Wärter meist zu umständlich ist.

Braucht man zur Ausführung einer Desinfection z. B. 2 Liter einer Kalkmilch, die 1 Gewichtstheil Kalkhydrat auf 4 Gewichtstheile Wasser enthält, so hat man nur den Wärter anzuweisen, dass er 1 Liter Kalkhydratpulver mit 2 Litern Wasser mischt.

Es fragte sich nun, wie man am zweckmässigsten die zur Desinfection einer Latrine erforderlichen Mengen Kalkmilch bestimmt.

Bereits in meiner Arbeit: „Ueber die Desinfection der Typhus- und Choleraausleerungen mit Kalk“ ist hervorgehoben worden, „dass es genügt, so lange Kalkmilch zuzusetzen, bis nach sorgfältigem Mischen jede Probe der Ausleerung eine starke Bläuung von rothem Lackmuspapier hervorruft, also eine ausgesprochene alkalische Reaction zeigt.“

Um die zur Desinfection erforderliche Stärke dieser Reaction noch genauer zu bestimmen, wurde zunächst versucht, eine Scala der alkalischen

Reactionen aufzustellen, indem ein Streifen von rothem Lackmuspapier in concentrirtes Kalkwasser, ein zweiter Streifen in ein mit der gleichen Menge destillirten Wassers verdünntes Kalkwasser, ein dritter Streifen in eine zweifach verdünnte Lösung u. s. w. eingetaucht wurden. Die Streifen wurden dabei verschieden stark gebläut. Dies trat am besten hervor, wenn dieselben auf weisses Papier gelegt wurden. Die Blaufärbung des ersten Streifens erhielt die Bezeichnung „Reaction I", die des zweiten „Reaction II" u. s. w.

Wenn die Reaction des Inhalts einer Latrine mit der Scala verglichen werden soll, muss freilich die letztere erst kurz vorher zubereitet werden, da die blaue Färbung schon beim Trockenwerden der Streifen zu verblassen und die rothe Farbe wieder aufzutreten pflegt. Die Anfertigung dieser Scala macht keine besonderen Schwierigkeiten. Man braucht dazu nur zwei Wassergläser, eine Pipette von bestimmtem Inhalt, etwa von 10 ^{ccm}, oder einen kleinen Messcylinder, sowie Streifen von rothem Reagenspapier. Wenn man von der Kalkmilch, die für die Desinfection zubereitet ist, ein Glas voll abnimmt und dieses eine kurze Zeit stehen lässt, so sinken die ungelösten Theile zu Boden, während sich oben eine durchsichtige Flüssigkeit ansammelt, die aus concentrirtem Kalkwasser besteht. Von dem letzteren lässt sich eine bestimmte Menge mit der Pipette entnehmen oder in den Messcylinder abgiessen, ohne dass dabei der weisse Bodensatz aufgerührt wird. Nachdem man das concentrirte Kalkwasser in das zweite Wasserglas gethan und einen Streifen Lackmuspapier damit getränkt hat, setzt man nach und nach abwechselnd mit dem Eintauchen von Lackmuspapierstreifen die gleichen Mengen destillirten Wassers oder, falls solches fehlt, gekochten Wassers zu. Frisches Brunnenwasser darf dazu nicht benutzt werden, da die Kohlensäure desselben durch Bindung von Kalk die Blaufärbung vermindern würde. Man muss jeden Lackmuspapierstreifen etwa $^1/_2$ Minute lang mit dem Kalkwasser bezw. den Verdünnungen desselben in Berührung lassen, da manches Lackmuspapier sich sehr langsam bläut und bei kürzerer Berührungszeit nicht den richtigen Farbenton annehmen würde. Hat man sich einmal die Scala selbst hergestellt und dabei die Farben gemerkt, so braucht man sie nicht vor jeder Prüfung der Reaction des Latrineninhalts von Neuem herzurichten, sondern nur noch in zweifelhaften Fällen oder dann, wenn man eine neue Sorte von Lackmuspapier in Anwendung zieht, da die verschiedenen Sorten von rothem Lackmuspapier sich nicht gleichmässig schnell und nicht gleichmässig stark bläuen. Es ist durchaus nöthig, dass man sich ein Reagenspapier aussucht, welches nach $^1/_2$ Minute langer Berührung mit den verschiedenen Verdünnungen des Kalkwassers noch Farbenunterschiede erkennen lässt. Namentlich kommt es darauf an, dass die

Reactionen III, IV und V gut unterschieden werden können. Das Lackmuspapier, welches sich mir als genügend brauchbar erwies und bei meinen Versuchen benutzt wurde, war von der Firma J. D. Riedel in Berlin geliefert und zeichnete sich durch besondere Glätte und Festigkeit aus. Eine andere Sorte Lackmuspapier, die aus gewöhnlichem Fliesspapier hergestellt war, eignete sich für unsere Zwecke nicht, da die Reactionen III, IV und V eine fast gleiche blaue Farbe ergaben.

Obgleich die Prüfung des Grades der Alkalescenz mit rothem Lackmuspapier nicht als vollkommen bezeichnet werden kann, so möchte ich sie doch für die Praxis empfehlen, da sie wir genügend sichere Resultate ergab, wie die bacteriologische Untersuchung bestätigte. Der hauptsächlichste Vorzug der Prüfung mit Lackmuspapier ist der, dass man in kürzester Frist einen Ueberblick über den Grad der Alkalescenz des Latrineninhalts bekommt. Das sicherste Verfahren freilich bestände darin, dass man eine Probe des Latrineninhalts oder der Canaljauche mit Normalsäure titrirt. Doch ist dies viel zu umständlich. Die bacteriologische Prüfung endlich, die noch in Frage kommen könnte, nimmt mindestens einige Tage in Anspruch. Da die Desinfection aber, wenn sie einmal nothwendig ist, sofort in ausreichender Weise erfolgen muss, so wird man nicht immer auf den Ausfall der bacteriologischen Untersuchung warten können. Dagegen eignet sie sich zur gelegentlichen Nachprüfung der Resultate, die man mit Hülfe des Reagenspapiers erzielt hat. So ist sie auch bei meinen Versuchen zur Verwendung gekommen.

Es galt nun festzustellen, welchen Grad der Alkalescenz die Typhus- und Choleraausleerungen erhalten müssen, damit die Infectionskeime absterben. Zunächst wurden dünnflüssige Ausleerungen in Erlenmeyer'schen Kölbchen mit 2 Procent Kalkmilch (1 : 4) gemischt, was nach früheren Versuchen zur Abtödtung der Typhus- und Cholerabacterien ausreicht; man erhielt dann, wenn die Mischung vollendet war, Reactionen, die mindestens der Nr. IV der Scala entsprachen.

Ferner wurden etwas consistentere Ausleerungen in Erlenmeyer'sche Kölbchen gebracht, sorgfältig neutralisirt, dann im Koch'schen Dampfkochtopf sicher sterilisirt und nach dem Abkühlen mit Cholerabacterien geimpft. Wenn darin nach 24 bis 48stündigem Verweilen im Brütschrank zahlreiche entwickelungsfähige Cholerakeime nachgewiesen werden konnten, wurde zu den Kölbchen aus freier Hand so viel Kalkmilch zugegossen, bis nach gehörigem Umschütteln im ersten Kölbchen die Reaction II, im zweiten die Reaction II — III, im dritten und vierten die Reaction IV auftrat. In sämmtlichen vier Kölbchen waren am nächsten Tage die Cholerabacterien abgestorben. Dabei war im ersten Kölbchen die Reaction von II — IV, im zweiten von II — III auf IV — V und im dritten

und vierten von IV auf V — VI herabgegangen. Nach weiteren 24 Stunden zeigte sich noch eine geringe Verminderung der Alkalescenz.

Aus diesen Untersuchungsergebnissen kann man den Schluss ziehen, dass in den mit Kalkmilch versetzten Fäkalien die Infectionskeime bereits abgetödtet sind oder noch sicher abgetödtet werden, wenn durch die Controle die Reaction IV nachgewiesen wird.

Wie bekannt, wird das Kalkhydrat schon seit Langem zur Desinfection der Fäkalien verwandt, jedoch nicht in einer wässerigen Aufschwemmung als sogen. Kalkmilch, sondern in der Form des Carbolkalkpulvers.

Wie steht es nun mit diesem bisher üblichen Desinfectionsverfahren, wenn die Wirkung desselben nach Maassgabe der alkalischen Reaction der Fäkalien beurtheilt wird? Bei der Prüfung der Reaction des Inhalts einer Fäkalientonne, welche täglich in der üblichen Weise mit Carbolkalkpulver versehen war, fand sich da, wo die krümligen Massen des Desinfectionsmittels lagen, die Reaction I, an anderen Stellen aber nur eine ganz schwache oder gar keine alkalische Beschaffenheit des Inhalts. Das Carbolkalkpulver hatte sich also sehr unvollkommen mit den Fäkalien gemischt, so dass seine desinficirende Wirkung nur in sehr beschränkter Weise zur Geltung kommen konnte. In einer Grubenlatrine, die mit Carbolkalkpulver behandelt war, zeigten die oberflächlichen Schichten der Fäkalien an mehreren Stellen sogar eine sauere Reaction. Die dem Kalk beigemischte Carbolsäure hat dabei keinen Einfluss auf die Reaction, da sie neutral reagirt.

Nach Erledigung dieser Vorfragen wurde zu den Desinfectionsversuchen mit Kalkmilch geschritten. Für dieselben standen die Tonnen- und Grubenlatrinen einer Kaserne zur Verfügung, die noch nicht an die städtische Canalisation angeschlossen war.

Die ursprüngliche Absicht, die Kalkmilch zum Latrineninhalt durch Umrühren so lange hinzuzumischen, bis überall die Reaction IV erreicht war, musste sehr bald aufgegeben werden, da schon beim Umrühren des Inhalts einer Tonne sämmtliche dabei betheiligten Arbeiter Uebelkeit und Erbrechen bekamen. Danach kann man wohl annehmen, dass die meisten Arbeiter, die für die Desinfection der Latrinen zur Verfügung stehen, das Umrühren der Fäkalien, falls es einmal vorgeschrieben ist, überhaupt nicht oder sehr mangelhaft besorgen. Eine solche Vorschrift existirt thatsächlich in manchen Desinfectionsinstructionen, doch ist es mir fraglich, ob man vor dem Erlass der Instruction die Ausführbarkeit derselben praktisch geprüft hat.

Eine gefüllte Latrinentonne würde sich allenfalls dann nachträglich desinficiren lassen, wenn ein geeignetes Rührwerk bei luftdicht geschlos-

sener Tonne zur Verwendung käme. Bei den Grubenlatrinen des Kasernements wurden die Rührversuche erst gar nicht angestellt.

Es wurde nun zu ermitteln gesucht, ob nicht bei einem anderen Verfahren eine ausreichende Mischung des Kalkes mit den Fäkalien erzielt werden könnte. Dies war nicht so unwahrscheinlich, als schon bei regelmässiger Benutzung der Latrine fortwährend eine Verschiebung der oberflächlichen Schichten stattfindet. Sehr deutlich erkennt man dies bei grösseren Senkgruben. Die Oberfläche der Fäkalienmasse zeigt da eine ebene Fläche, die nur unter den Sitzen mässige Erhöhungen aufweist. Bei fortdauernder Benutzung der Latrine hebt sich nun das Niveau gleichmässig, auch bleibt die Oberflächengestaltung fast die gleiche, wobei die Fäkalien, abgesehen von den unter den Sitzen aufgehäuften frischen Massen, eine ziemlich gleichmässige dünnbreiige Consistenz zeigen. Dies Verhalten ist nur dadurch erklärlich, dass die unter den Sitzen aufgegehäuften Massen allmählich und ununterbrochen breiig erweichen und sich nach dem Rande der Grube zu ausbreiten.

Es wurde nun der Versuch gemacht, diese in den obersten Schichten der Fäkalmasse fortwährend stattfindenden Bewegungen für die Vermischung mit Kalkmilch zu verwerthen. Es stellte sich dabei als zweckmässig heraus, die zur jedesmaligen Zumischung nothwendige Menge Kalkmilch schon vorher so genau als möglich zu berechnen. Dies wird dadurch erleichtert, dass bereits durch meine Vorarbeiten als Minimum der Zusatz von 2 Procent Kalkmilch (1:4) festgestellt ist.

Die ersten Versuche wurden an den Tonnenlatrinen angestellt. Jede derselben enthielt drei Tonnen für Mannschaften und eine für Unteroffiziere, die etwa 14 Tage vorhielten, meist jedoch schon in kürzeren Zwischenräumen abgefahren wurden. Die am Eingang zunächst befindliche Tonne war in 14 Tagen stets vollständig gefüllt, die zweite und dritte Tonne dagegen nur bis $^2/_3$ ihrer Höhe. Der Inhalt jeder Tonne, aus Höhe und Durchmesser berechnet, belief sich auf etwa 150 Liter. Das Minimum an Kalkmilch, das zur Desinfection von 150 Litern Fäkalmasse versucht werden durfte, betrug 2 Procent dieser Menge, also drei Liter. Am bequemsten wäre es nun gewesen, wenn diese Menge Kalkmilch auf ein Mal hätte zugesetzt werden können. Es wurden deshalb zunächst in jede leere Tonne drei Liter Kalkmilch gegossen. Jeden zweiten Tag wurde dann geprüft, ob die Fäkalien noch eine ausreichende alkalische Reaction zeigten. Nach zehn Tagen jedoch musste der Versuch abgebrochen werden, da die unten eingegossene Kalkmilch auf die höheren Schichten keine Wirkung mehr ausübte. Fast ebenso ungünstig fiel der Versuch aus, die drei Liter Kalkmilch zunächst mit derselben Menge Wasser zu verdünnen und diese so erhaltenen sechs Liter Kalkmilch (1:8)

auf den Boden der Tonne zu giessen. Nicht viel besser war das Ergebniss, als jeden fünften Tag ein Liter Kalkmilch (1:4) hinzugeschüttet wurde.

Befriedigendere Resultate kamen erst zum Vorschein, als jeden zweiten Tag 1 Liter Kalkmilch (1:8) zugesetzt wurde, so dass auf einen durchschnittlichen zweitägigen Zuwachs von zwanzig Liter Fäkalien ein Liter Kalkmilch kam. Die Hälfte davon wurde zur Spülung der Trichter gebraucht, wobei der grösste Theil in die darunter stehende Tonne floss. Die andere Hälfte musste der Kasernenwärter, nachdem er die Tonnen aus dem Tonnenraum herausgezogen hatte, über die noch nicht benetzten Theile der Oberfläche ausgiessen. Der betreffende Wärter, welcher im Ganzen 8 Tonnen zu bedienen hatte, stellte die nöthige Kalkmilch einfach so her, dass er zwei Liter Kalkhydratpulver und 8 Liter Wasser in einen Eimer schüttete, das Ganze mit einem beliebigen Stöckchen gehörig umrührte und vermittelst eines Halblitermaasses zunächst die Trichter, dann die Tonnen einer jeden Latrine mit Kalkmilch bespülte. Die Reaction wurde jeden zweiten Tag frühmorgens geprüft, kurz bevor die Kalkmilch von Neuem zugegossen wurde. Zu dem Zweck wurde ein Stöckchen an einem Ende gespalten und ein Streifen rothen Lackmuspapiers eingeklemmt. Nachdem dies ein wenig mit reinem Wasser angefeuchtet war, damit es die Reaction der Fäkalien schneller annehme, wurde es in die Randpartien eingesenkt, welche bereits die oben erwähnte Selbstmischung durchgemacht hatten. Die in der Mitte befindliche Erhöhung, die von frischen Fäkalien gebildet war, und keine Mischung mit der zwei Tage vorher zugesetzten Kalkmilch eingegangen sein konnte, wurde bei der Prüfung der Reaction vermieden, ebenso die Stellen, auf denen Flüssigkeit stand, da die letztere leichter die alkalische Reaction annahm als die festeren Massen und bei der Prüfung ein zu günstiges Resultat gegeben hätte. Der eingetaucht gewesene Streifen Reagenspapier zeigte nach dem Abspülen mit reinem Wasser in der Regel die Reaction IV, zuweilen auch III, II und I, und nur selten, wenn dicklichere Massen angetroffen wurden, die Reaction V oder VI. Wurden die oberflächlichen Fäkalienmassen zur Seite geschoben und die darunter liegenden ein bis zwei Tage alten Schichten auf ihre Reaction geprüft, so zeigten diese nicht eine niedrigere Alkalescenz als Nr. IV.

Da mir die Reactionen der oberflächlichen Schichten noch nicht gleichmässig genug erschienen, liess ich in der letzten Zeit die Kalkmilch nicht mehr in zweitägigen Zwischenräumen, sondern täglich hinzusetzen und erreichte auf diese Weise, dass die Reactionen an den verschiedenen Tagen weniger von einander abwichen als früher, wenn sie auch nicht so gleichmässig waren, wie bei der im Folgenden näher beschriebenen Desinfection einer sehr grossen Senkgrube.

Die Senkgrube, welche zu den Desinfectionsversuchen zur Verfügung stand, war mit 8 Sitzen versehen und wurde täglich im Durchschnitt von 280 Mann benutzt. Die Grube selbst mass 3·8 ^{m} im Quadrat und hatte eine Tiefe von $2^1/_4$ ^{m}. Sie war mit Backsteinen ausgemauert und bestand schon seit dem Jahre 1848. An den Wandungen konnten Spalten oder Löcher nicht bemerkt werden, und man konnte annehmen, dass während des mehr als 40jährigen Bestehens der Grube alle Undichtigkeiten verschlammt und verklebt waren. Das in der Nähe befindliche Pissoir mündete nicht in die Grube, da es bereits an die städtische Canalisation angeschlossen war.

Bevor die Desinfectionsversuche mit Kalkmilch begannen, wurde erst die Grube ausgefahren, was länger als eine Woche dauerte, und dann die tägliche Zunahme des Inhalts bestimmt. Da die Oberfläche der Fäkalien, abgesehen von den unter den Sitzen befindlichen Stellen, stets fast ganz eben war, so wurde das Ansteigen derselben einfach in der Weise gemessen, dass der Kasernenwärter, nachdem er eine Bohle emporgehoben, einen Stab bis zur Oberfläche der Fäkalien hinabsenkte und da, wo der Stab oben mit dem Bohlenbelag abschnitt, einen Bleistiftstrich machte und das Datum daneben schrieb. Dies geschah jeden zweiten Tag. Wurde die Entfernung der Bleistiftstriche mit einem Centimetermaass ausgemessen und die gefundene Zahl mit der Anzahl der Tage dividirt, so erfuhr man, um wie viel Centimeter der Latrineninhalt täglich anstieg. So ergab sich z. B. für die Zeit vom 17. Juni bis 19. Juli 1889, also für 32 Tage, ein Abstand der Bleistiftmarken von 25·5 ^{cm}, mithin für jeden Tag durchschnittlich ein Ansteigen um 0.8 ^{cm}, was auch mit den übrigen Messungen übereinstimmte. Da die Bodenfläche bekannt war, so konnte der tägliche Zuwachs an Fäkalien leicht berechnet werden. Die Bodenfläche wurde bei der in Rede stehenden Latrine durch einen in einer vorderen Ecke liegenden Sandhaufen etwa um $^1/_2$ ^{qm} verkleinert. Sie betrug desshalb nur 14 ^{qm}. Der tägliche Zuwachs des Latrineninhalts, der ziemlich gleichmässig war, belief sich also im Durchschnitt auf 112 Liter. Da 280 Mann die Latrine besuchten, so sind auf jeden pro Tag 0.4 Liter Fäkalien zu rechnen. Mit Rücksicht darauf, dass die Grube wohl kaum etwas durchsickern liess, kann man die gefundene Zahl als das Minimum annehmen, das bei allen, die Grösse der Mannschaftslatrinen betreffenden Fragen in Betracht gezogen werden muss, und zwar für diejenigen Fälle, in denen abgesonderte Pissoirs bestehen.

Legt man der Berechnung des Kalkzusatzes das früher gefundene Minimum zu Grunde, so würde die Zusatzmenge für 112 Liter Fäkalien zwei Procent dieser Menge, also 2·24 Liter Kalkmilch (1:4) betragen. Ebenso wie bei der Tonnen-Desinfection wurde jedoch die Zusatzmenge etwas grösser genommen und auf drei Liter einer Kalkmilch (1:4) oder

sechs Liter einer Kalkmilch erhöht, die ein Gewichtstheil Kalkhydrat auf acht Gewichtstheile Wasser enthielt. Die Desinfectionsversuche wurden nun so angeordnet, dass jeden zweiten Tag ein Quantum Kalkmilch (1:8), welches aus drei Litern Kalkhydratpulver und 12 Litern Wasser gemischt war, vermittelst eines Litermaasses von dem Kasernenwärter auf die Oberfläche der Fäkalien gleichmässig vertheilt wurde. Dies geschah in der Weise, dass er zuerst $^1/_2$ bis 1 Liter durch jede Sitzöffnung goss und dann den Rest der Kalkmilch, nachdem der Bohlenbelag an verschiedenen Stellen aufgehoben war, über die noch nicht besprengten Stellen der Oberfläche vertheilte. An der Gleichmässigkeit der weissen Kalkdecke kann man leicht erkennen, ob die Desinfection vom Wärter gut ausgeführt ist oder nicht. Der Bohlenbelag muss zu dem Zweck an verschiedenen Stellen abhebbar sein, oder, wenn dies nicht in ausreichendem Maasse der Fall ist, noch weiter abhebbar gemacht werden. Wurde zwei Tage später, unmittelbar vor dem neuen Kalkzusatz die Grube inspicirt, so war an manchen Stellen die Kalkdecke verschwunden, an anderen noch vorhanden, zeigte aber nicht mehr die rein weisse Farbe, sondern sah schmutzig grauweiss aus, anscheinend durch das Hineindringen von Latrinenflüssigkeit. An den Stellen, wo die Fäkalien wieder zum Vorschein gekommen waren, wurde vermittelst eines an einem langen Stabe befestigten Streifens Reagenspapier die Reaction geprüft und stets die Reaction III gefunden. Nach einigen Wochen wurde die Kalkmilch nur auf diejenigen Stellen gegossen, an denen die weisse Decke verschwunden war, am meisten natürlich auf die unter den Sitzen befindlichen Erhöhungen.

Als die Desinfection etwas länger als einen Monat fortgesetzt war, zeigte sich noch zwei Tage nach dem Kalkzusatz ein zusammenhängender Kalkbelag. Es wurde deshalb angeordnet, die gesammte Kalkmilch so lange allein durch die Sitze auf die frischen Ausleerungen zu giessen, bis die Kalkdecke in der Umgebung derselben sich mit dem Latrineninhalt gemischt hätte oder wenigstens stellenweise verschwunden wäre. Am besten ist es freilich, dass man den Latrineninhalt abfahren lässt, sobald sich ein zusammenhängender Kalkbelag bildet. Sehr wichtig war es nun, zu erfahren, wie sich die tieferen Schichten des Latrineninhalts verhielten. Es wurde deshalb, nachdem die Desinfection etwa fünf Wochen lang angedauert hatte, mit einer Schaufel an verschiedenen Stellen der Kalkbelag etwas zur Seite geschoben und aus der Tiefe von 10 ^{cm} etwas von der Fäkalienmasse hervorgeholt. Sobald die Massen irgendwo emporgehoben wurden, füllte sich die Lücke mit einer braunen Flüssigkeit, die von allen Seiten hervorquoll. Meist blieb wegen der geringen Consistenz der Massen nur wenig an der Schaufel hängen. Die Reaction der herauf-

geholten Massen schwankte zwischen III und IV. Die Jauche, die aus der Tiefe hervorquoll und sich in der durch die Schaufel erzeugten Lücke ansammelte, zeigte die Reaction III. Wurden Reagensgläschen mit dieser Jauche beschickt, im Koch'schen Dampfkochtopf sterilisirt und dann mit Typhus- bezw. Cholerabacterien geimpft, so starben diese darin innerhalb 24 Stunden ab. Es konnten sich also an diesen Stellen weder Typhus- noch Cholerabacterien lebend erhalten.

Hervorheben will ich noch, dass man bei der Untersuchung der unter der Oberfläche gelegenen Schichten stellenweise festere Inseln von der Consistenz eines zähen Breies antraf, welche geringere Grade der Alkalescenz zeigten. Diese Massen, die man nur an wenigen Stellen fand, stammten von festen zusammengebackenen Fäkalien her, hätten also nicht von Typhus-, Cholera- oder Ruhrkranken herrühren können. Es lag deshalb kein Grund vor, auch bei diesen festeren Massen eine Vermischung mit Kalkmilch bis zum Hervortreten der Reaction IV zu verlangen. Hatten doch alle dünnen Massen von der Consistenz der Typhus-, Cholera- und Ruhrausleerungen sicher eine derartige alkalische Reaction angenommen, dass diese Krankheitskeime, falls sie darin steckten, vernichtet werden mussten. Auch durch andere flüssige Desinfectionsmittel hätten in Bezug auf solche consistenten Massen keine besseren Erfolge erzielt werden können.

Eine Beobachtung möchte ich noch besonders erwähnen, da sie leicht zu irrthümlicher Deutung Anlass geben kann. Als die Grube bereits zwei Monate lang in der oben beschriebenen Weise desinficirt und controlirt war, liess ich aus den tiefsten Schichten des Inhalts eine Probe entnehmen und fand, dass dieselbe nur schwach alkalisch reagirte. Es wäre nun ganz falsch gewesen, diese Reaction als eine zu schwache oder ungenügende zu bezeichnen, denn die Schicht, aus der die Probe stammte, war zu der Zeit, als sie noch zu Tage lag, derartig mit Kalkmilch versehen worden, dass selbst noch zwei Tage nach dem Kalkzusatz die Reaction III und damit das Zugrundegehen etwa vorhandener Infectionskeime hatte nachgewiesen werden können. Die Herabsetzung der Alkalescenz in den tiefsten Schichten der Latrinengrube rührte einfach davon her, dass das ursprünglich im Ueberschuss vorhandene Kalkhydrat bei der langdauernden Berührung mit bacterienreichen organischen Massen allmählich in schwach alkalische oder neutrale Kalksalze umgewandelt war. Aehnliches kann man auch in den tieferen Schichten von Tonnen finden, die schon eine Reihe von Tagen in Gebrauch sind.

Falls es sich um die Desinfection von Latrinen mit kleinerem Querschnitt handelt, bei denen die Selbstmischung der Fäkalien eine geringere

ist, müsste die entsprechende Menge Kalkmilch nicht jeden zweiten Tag, sondern täglich zugesetzt werden.

Um zu prüfen, ob ein etwas geringerer Kalkzusatz zur Desinfection genügen würde, liess ich einige Wochen lang jeden zweiten Tag nur 9 Liter Kalkmilch dem Latrineninhalt zusetzen. Die Reaction der Fäkalien zeigte da, wo die Kalkdecke verschwunden war, noch immer Nr. III der Scala.

Da hiernach bereits $2^1/_4$ Liter Kalkhydratpulver, mit der vierfachen Wassermenge gemischt, ausreichten, um in 224 Liter Fäkalien eine wirksame Alkalescenz hervorzurufen, so würde es zweckmässig sein, bei der Desinfection von Senkgruben zunächst einen solchen Kalkzusatz zu wählen, dass auf 100 Liter des täglichen Zuwachses der Fäkalien 1 Liter Kalkhydratpulver, selbstverständlich zu Kalkmilch verarbeitet, kommt. Mit Rücksicht darauf, dass bei Tonnen die Inhaltsmassen schneller ansteigen und somit viel höhere Schichten von der zugegossenen Kalkmilch durchtränkt werden müssen, auch die Selbstmischung nicht so ausgedehnt ist, wie bei den grösseren Senkgruben, so möchte ich für offene Tonnen einen stärkeren Kalkzusatz empfehlen, nämlich 1·5 Liter Kalkhydratpulver auf 100 Liter der Zuwachsmenge. Genügt diese Zusatzmenge noch nicht, um in den obersten Schichten mindestens die Reaction Nr. IV hervorzurufen, so ist der Kalkzusatz entsprechend zu steigern.

Hervorheben möchte ich dann noch, dass die Desinfection mit Kalkmilch auch eine Verminderung des üblen Geruchs zur Folge hatte. Die mit Kalkmilch desinficirte Grube zeichnete sich in dieser Beziehung sehr vortheilhaft von den übrigen Gruben aus, die in der üblichen Weise mit Carbolkalk, manchmal auch mit Carbolsäure allein, behandelt waren. Wie bekannt, hat man das Bedenken erhoben, dass bei der Desinfection der Fäkalien mit Kalk durch die Entwickelung von Ammoniak der Latrinengeruch in sehr unangenehmer Weise verschlimmert werden würde. Diese Verschlimmerung ist nicht nur ausgeblieben, sondern es ist bei der Art der Desinfection, wie sie bei meinen Versuchen zur Anwendung kam, sogar eine erhebliche Besserung in Bezug auf den Geruch eingetreten. Eine durch den Geruch wahrnehmbare stärkere Ammoniakentwickelung ist bei den Versuchen überhaupt nicht beobachtet worden.

Es ist bis jetzt kein Verfahren bekannt geworden, durch welches die üblichen Tonnen- und Grubenlatrinen besser desinficirt werden könnten, als auf die beschriebene Weise durch Kalkmilch. Dabei hat die Kalkmilch vor den übrigen Desinfectionsmitteln, z. B. der Carbolsäure, den Vorzug, dass sie den Dungwerth der Fäkalien nicht herabsetzt, sondern einen für Wiesen und kalkarme Felder geeigneten Dünger liefert, während z. B. die Carbolsäure, wie es bereits von Vogel, Kellner und Anderen

festgestellt ist, auf die Vegetation, namentlich auf die Keimung der Pflanzen, schädlich einwirkt.[1]

Eine Unvollkommenheit, die der Senkgruben- und Tonnendesinfection mit chemischen Mitteln immer anhaftet, wenn es sich um Gruben und Tonnen einfachster Construction handelt, die jedoch durch eine geeignete Bauart der genannten Behälter vermieden werden kann, darf hier nicht übergangen werden.

Wenn nämlich eine gefüllte Tonne oder Grube abgefahren werden soll, so sind die zuletzt hinzugekommenen, oben aufgehäuften Fäkalien noch nicht mit Kalk gemischt, also auch nicht desinficirt. Da beim Aufladen der Tonnen auf den Abfuhrwagen und später beim Abladen und Entleeren derselben die Arbeiter gerade mit diesen Theilen am ehesten beschmutzt werden, so können dabei Infectionen vorkommen.

Dass Arbeitsleute nach der Ausräumung von Latrinen, in welche Ausleerungen von Typhuskranken undesinficirt hineingekommen waren, an Typhus erkrankten, während sonst jede Gelegenheit zur Ansteckung fehlte, ist bereits mehrfach beobachtet worden.[2]

Einer eventuellen Infection der Arbeiter könnte man in der Weise vorbeugen, dass man die Tonnen unmittelbar vor dem Abfahren mit Kalkmilch übergiessen lässt. Die frischen Fäkalien werden dadurch wohl kaum vollständig desinficirt, doch dürfte in Folge der Einhüllung derselben mit Kalkmilch die Infectionsgefahr erheblich vermindert werden. Da jedoch die Abfuhrwagen des Nachts und häufig unerwartet kommen, so ist es fraglich, ob dieses letzte Uebergiessen mit Kalkmilch in Wirklichkeit immer durchgeführt werden wird.

Es erschien mir deshalb angezeigt, unter den Tonnenconstructionen, die für Latrinenanlagen empfohlen sind, nach einer solchen zu suchen, bei welcher jede Infectionsgefahr vermieden werden kann. Bei einem im hiesigen Hygienemuseum aufgestellten Modell einer luftdichten Abortgrube mit Rührvorrichtung aus der Maschinenfabrik und Eisengiesserei von Franz Thiriart Nachfolger zu Cöln fand ich nun eine Einrichtung wie ich sie suchte. Ich möchte zwar nicht die Thiriart'sche Grube als Ganzes empfehlen, doch halte ich einige Vorrichtungen an derselben, namentlich die Lage des Abfallrohres zur Tonne und die Rührvorrichtung für so zweckmässig, dass ich sie für Neuanlagen von Latrinen empfehlen möchte.

---

[1] Vgl. König, *Die Verunreinigung der Gewässer.* 1887. S. 355.

[2] Vgl. Uffelmann, Die Dauer der Lebensfähigkeit von Typhus- und Cholerabacillen in Fäkalmassen. *Centralblatt für Bacteriologie* u. s. w. Bd. V. Nr. 15.

Das Abfallrohr ragt nicht wie bisher nur mit einem kleinen Stück in den Behälter hinein, sondern führt längs einer Seite auf den Boden desselben. Das untere Ende des Abfallrohrs muss trompetenartig erweitert sein, und zwar derart, dass die untere Oeffnung mindestens einem Drittel der Bodenfläche entspricht. Bei dieser Einrichtung bilden die frischen Fäkalien zunächst die unterste Schicht des Latrineninhalts. Mitten durch den Behälter geht eine eiserne Axe, deren oberes Ende nur soweit durch die Decke des Behälters hindurchgeht, dass ein Schlüssel darauf befestigt werden kann, und deren unteres Ende zwei Flügel trägt.

Die letzteren haben nahezu die Länge des Durchmessers des Behälters und fahren, wenn sie vermittelst des Schlüssels gedreht werden, zwischen der unteren Oeffnung des Abfallrohrs und dem Boden hindurch. Dadurch sind sie im Stande, die Massen, die aus dem Abfallrohr eindringen, nämlich die frischen Ausleerungen und die hinzugesetzte Kalkmilch innigst mit einander zu vermischen. Die Desinfection würde dann so vorzunehmen sein, dass ein Wärter an jedem Morgen eine entsprechende Menge Kalkmilch durch den Sitztrichter hindurchgiesst, dann den Schlüssel aufsetzt und das Rührwerk mehrere Male umdreht.

Zur Einrichtung einer solchen Latrine gehört ferner noch Folgendes:

a) Das Abfallrohr muss sich oben in ein Ventilationsrohr fortsetzen, das über das Dach hinausgeht und einen Sauger, z. B. nach Wolpert, trägt.

b) Von dem obersten Theil des Behälters muss ein dünneres Rohr nach dem Ventilationsrohr führen, damit die im Behälter vorhandene Luft beim Eindringen der Fäkalien ausweichen kann und die aus den letzteren aufsteigenden Gase einen Abzug finden.

c) In der Decke des Behälters muss ein Reinigungsloch angebracht sein, um den Innenraum gelegentlich reinigen zu können. Dieses Loch ist mit einem luftdicht schliessenden Deckel zu versehen.

d) Es empfiehlt sich, den Behälter aus Eisen anzufertigen. Derselbe muss etwas erhöht und frei aufgestellt werden, so dass er gut übersehen werden kann, und jede Unordnung sofort bemerkt wird.

e) Der Behälter muss ferner eine leicht zugängliche, durch einen Hahn verschliessbare Oeffnung zur Entleerung der Fäkalien haben.

f) Es erscheint zweckmässig, den Behälter selbst nicht abzufahren, da das Wechseln desselben sehr umständlich sein würde, und dabei aus dem Fallrohr Fäkalmassen herabfallen könnten. Es empfiehlt sich vielmehr, einen besonderen Abfuhrwagen mit grossem luftdicht verschlossenen Behälter aus Eisen zu verwenden. Dadurch, dass in demselben die Luft mit einer Luftpumpe verdünnt wird, könnten die Fäkalien vermittelst eines geeigneten Schlauches angesogen werden. (Pneumatische Methode.)

g) Es ist nichts dagegen einzuwenden, dass der Behälter grösser als eine der jetzt üblichen Tonnen angelegt wird und dass mehrere Abfallröhren in denselben einmünden. Die Flügel des Rührwerkes müssten dann so gestellt sein, dass sie sich unter allen Abfallröhren hindurch bewegen.

Zum Schluss noch einige Worte über die Desinfection von Stechbecken, die von Typhus-, Cholera- oder Ruhrkranken benutzt sind. Dieselbe ist nicht schwierig. Es handelt sich hier stets um dünne Stühle, die sich leicht mit der Kalkmilch mischen lassen. Der Krankenwärter braucht nur das Stechbecken so lange hin und her zu neigen, bis die hinzugesetzte Kalkmilch sich mit dem Inhalte desselben vermischt hat. Während es bei der Desinfection der Latrinen nicht von Belang ist, ob dieselbe besonders rasch von Statten geht, ist es hier von besonderem Werth, die Desinfection der Stechbecken so schnell wie möglich auszuführen.

Dies lässt sich am zweckmässigsten durch Steigerung des Kalkzusatzes erreichen. Setzte ich zu einer Ausleerung, welche ich im Dampfkochtopf sterilisirt, dann mit Cholerabacterien gemischt und darauf 24 Stunden im Brütschrank gehalten hatte, so viel Kalkmilch aus freier Hand zu, bis nach gehörigem Umschütteln die Reaction II erreicht war, so fanden sich die Cholerabacterien, die nach Ausweis eines Controlröhrchens reichlich darin vorhanden waren, nach einer Viertelstunde nicht mehr lebend vor.

Hierbei braucht man sich nicht erst eine Scala der Reactionen anzulegen, sondern man lässt einfach so lange zum Inhalt des Stechbeckens Kalkmilch hinzusetzen, bis nach gehöriger Mischung ein hineingehaltener Streifen rothen Lackmuspapiers fast ebenso stark blau wird, als wenn er von der Kalkmilch selbst benetzt wird. Nach einer Viertelstunde kann dann das Stechbecken ausgegossen und gereinigt werden. Da stets nur geringe Mengen Kalkmilch zur Verwendung kommen, und man mit der letzteren wegen ihrer Billigkeit nicht besonders sparsam umzugehen braucht, so kann man den Krankenwärter ruhig gewähren lassen, wenn er etwas mehr hinzugiesst als nöthig ist. Es empfiehlt sich, Kalkmilch in einer Flasche, die mehrere Liter fasst, wohl verkorkt in der Nähe des Kranken bereit zu halten.

Schlussfolgerungen.

1. Das Löschen des Kalks zu pulverförmigem Kalkhydrat hat durch Zusatz von etwa 60 Gewichtstheilen Wasser zu 100 Theilen gebrannten Kalk zu erfolgen.

2. 1 Liter des pulverförmigen Kalkhydrats kann als $^1/_2$ ^{kgrm} schwer angenommen werden. Im Allgemeinen genügt eine Kalkmilch, bei der

auf 1 Liter Kalkhydratpulver 4 Liter Wasser, also auf 1 Gewichtstheil Kalkhydrat 8 Theile Wasser kommen.

3. Die Wirksamkeit der Desinfection controlirt man am einfachsten durch Prüfung der Reaction des Latrineninhalts mit rothem Lackmuspapier. Wird dasselbe stark gebläut, (mindestens bis Reaction IV der Scala), so ist die Desinfection ausreichend.

4. Bei Senkgruben empfiehlt es sich, die Desinfection mit einer solchen Kalkmenge zu beginnen, dass 1 Liter Kalkhydratpulver 100 Litern des täglichen Zuwachses des Latrineninhalts entspricht. Bei Tonnen würden 1·5 Liter auf 100 zu nehmen sein. Für Stechbecken ist behufs rascherer Desinfection ein noch stärkerer Kalkzusatz nothwendig.

5. Der tägliche Zuwachs der Latrine ist, wenn das Pissoir davon getrennt ist, auf 400 ^{ccm} pro 1 Mann zu rechnen.

6. Es ist das Sicherste, dass die Desinfection täglich ausgeführt wird.

7. Auf eine Vermischung des Kalks mit den Fäkalien vermittelst Handarbeit ist nicht zu rechnen. Es bleibt nichts übrig, als dieselben der Selbstmischung zu überlassen oder noch besser die Mischung durch eine Rührvorrichtung, ähnlich wie beim Thiriart'schen Modell, zu bewerkstelligen.

Erwiderung auf die Abhandlung:
„Die Durchlässigkeit der Luftfiltertuche für Pilzsporen und Bacterienstäubchen von R. J. Petri.“[1]

Von

Dr. Karl Möller
in Brackwede.

I. Zur Einleitung (S. 233 bis 236.)

Auf die Abhandlung des Hrn. Dr. Petri antworte ich, weil mich (bezw. meine Firma K. & Th. Möller hierselbst) allein die Kritik trifft, welche von Hrn. Dr. Petri geübt wird, denn ich bin der Erste und bisher Einzige gewesen, der sich mit Luftfiltration für Lüftungsanlagen im Grossen ernstlich befasst hat, und mir sind ja die Taschenluftfilter, auf die sich Dr. Petri bezieht, in allen wichtigen Industrieländern patentirt.

Also auch da, wo mich oder meine Firma Dr. Petri nicht ausdrücklich nennt (wie S. 234 Zeile 12) weiss es jeder mit den Verhältnissen Bekannte, dass ich gemeint bin. Ich bin es also meiner persönlichen Stellung und den berechtigten Interessen der Firma K. & Th. Möller schuldig, dass ich die Angaben des Hrn. Dr. Petri richtig zu stellen suche, wo sie auf irrigen Voraussetzungen beruhen.

Ich werde deshalb nachweisen, dass die von mir in Abhandlungen bezw. in geschäftlichen Veröffentlichungen meiner Firma gemachten Angaben nirgends durch die Versuche des Hrn. Dr. Petri und seine daraus gezogenen Schlussfolgerungen widerlegt sind.

Ich glaube auch, dass es im Interesse der Wissenschaft liegt, dass die wichtige Frage der Luftfiltration noch von einer anderen Seite beleuchtet wird, und wenn ich das versuche, so glaube ich mich dazu insofern berechtigt, als ich seit 8 Jahren mich mit der Dampf-, Gas- und Luftfilterfrage eingehend wissenschaftlich und praktisch beschäftigt habe.

---

[1] Vgl. *diese Zeitschrift*. Bd. VI. S. 233—288.

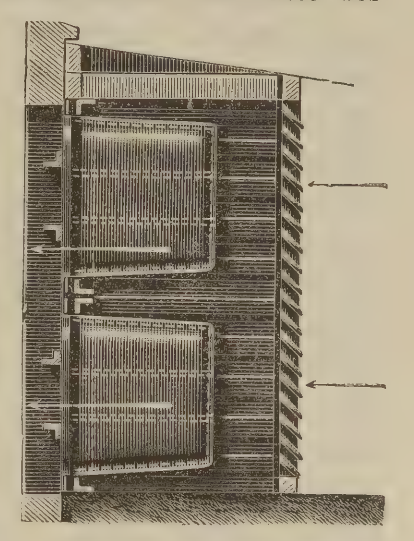
Ich möchte zunächst einen kleinen meine Person betreffenden Irrthum des Hrn. Dr. Petri berichtigen: die Firma K. & Th. Möller, deren Theilhaber ich bin, besitzt nicht eine Weberei, wie er angiebt, sondern eine in weiten Kreisen bekannte Maschinenfabrik, Giesserei und Kesselschmiede.

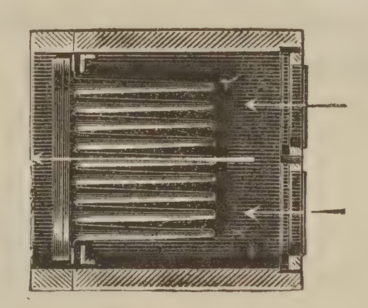
Es ist dies in sofern von Bedeutung, als ich um so unbefangener die verschiedenartigsten Stoffe auf ihre Fähigkeit, als Filtermaterial zu dienen, prüfen konnte. Ich habe aber, seit ich Taschenfilter baue — abgesehen von Versuchen — die dazu erforderlichen Gewebe stets von einer und derselben von mir als zuverlässig erkannten Webereifirma bezogen, um ein möglichst gleichartiges Fabrikat zu erhalten.

Ich gehe auf die übrigen in der Einleitung enthaltenen Ansichten des Hrn. Dr. Petri nicht näher ein, und begnüge mich, darauf hinzuweisen, dass es von mir bezw. meiner Firma nie vorgeschlagen ist, **keimdichte** Luftfilter in den Frischluftcanal der Ventilationsanlagen einzuschalten. Die keimdichten Luftfilter bestehen aus einem Lüftungsfilter (Vorfilter) und zehn Lagen eines besonders dicken, dichten und stark gerauhten Gewebes, während die staubdichten Lüftungsfilter nur eine Lage eines weniger dichten Gewebes haben. Nur Letztere habe ich für Ventilationsanlagen angewandt und vorgeschlagen. Die keimdichten Luftfilter liefern zu wenig Luft und würden sich für diesen Zweck zu theuer stellen; ich habe sie auch bisher nur für die Kühl- und Gährräume und Hefenkeller von Brauereien ausgeführt und für bacteriologische Laboratorien und ärztliche Operationszimmer empfohlen. Die Lüftungsfilter können aber, weil sie nur aus **einer** Lage eines Gewebes bestehen, niemals keimdicht sein. Wohl aber halten sie einen ganz überwiegenden Theil der Bacterien zurück, während sie die Sporen von Schimmelpilzen u. s. w. in erheblicherem Maasse durchlassen.

Es ist das von mir jederzeit hervorgehoben: ich verweise dabei auf meinen Aufsatz über Luftfiltration im Gesundheitsingenieur 1888 Nr. 10 und auf die geschäftlichen Prospecte meiner Firma, wo scharf zwischen Lüftungsfiltern und keimdichten Filtern unterschieden wird Ich verweise endlich auf die gründlichen Untersuchungen des Hrn.Dr. W. Hesse in Dresden, die derselbe mit den von mir für ihn construirten Apparaten ausgeführt und die er in der Deutschen Medicinischen Wochenschrift 1884 Nr. 2 und 51 veröffentlicht hat, auf diese habe ich mich stets bezogen. Hier hat Dr. Hesse nachgewiesen, dass keines der untersuchten Gewebe und Papiere in einer Lage keimdicht gewesen ist, wenn es nicht stark zusammengepresst wurde. Es liegt in der Natur jedes Gewebes, dass es in einer Lage nicht keimdicht sein kann, denn die Fäden des Einschlags laufen um die Kettenfäden herum und

liegen deshalb nie ganz dicht an einander; abgesehen davon enthält auch das beste Gewebe Fehler, die durch die ungleiche Dicke der Fäden an verschiedenen Stellen u. s. w. bedingt sind, und die durch die Rauhung nur theilweise ausgeglichen werden können. Es hätte deshalb nicht des grossen von Dr. Petri angewandten Apparats bedurft, um etwas Bekanntes und für jeden Fachmann Selbstverständliches nachzuweisen. Es ist mir die Art der Polemik des Hrn. Dr. Petri nur dadurch erklärlich, dass er der irrigen Ansicht gewesen ist, dass ich behauptet hätte, die einfachen Lagen meines Lüftungsfilters wären keimdicht bezw. letztere wären mit meinem keimdichten Filter identisch. Es hätte sonst meiner Ansicht nach für Hrn. Dr. Petri nur darauf ankommen können, festzustellen, welcher Procentsatz der in der gefilterten Luft enthaltenen Bacterien durch das Lüftungsfilter zurückgehalten wird, und welcher durchgeht. Ich werde nachzuweisen haben, dass die Untersuchungen des Hrn. Dr. Petri für die Praxis der von mir ausgeführten Lüftungsfilter (denn nur auf diese, nicht auf die „keimdichten Filter", von denen er spricht, können seine Versuche bezogen werden, weil er nur mit einer Lage Filtertuch, ausnahmsweise mit zwei Lagen gearbeitet hat), einen Anhalt nicht gewähren, und dass er namentlich den Widerstand im Filter und den Procentsatz der durchgegangenen Mikroben viel zu gross finden musste und gefunden hat.





Figg. 1 und 2.

II. Zur Beschreibung der Versuchsanordnung und des Filtertuchs (S. 236 bis 248).

Dr. Petri lässt die Luft senkrecht gegen die Filterfläche strömen, während sie bei meinen Lüftungsfiltern, wie aus dem obenstehenden Holzschnitt (Figg. 1 u. 2) erhellt, in Folge der Taschenconstruction unter einem Winkel von 3 bis 5° gegen die Filterfläche stösst; bei Dr. Petri ferner bewegt sich die Luft mit minimaler Geschwindigkeit von 0·03 bis 0·05^{m}, bevor sie ans Filter gelangt, und erst im Filter steigert sich die Luftgeschwindigkeit wegen der Verengung des Querschnitts durch die Fäden

des Gewebes bedeutend. Bei meinen in die Canäle der Lüftungsanlagen eingesetzten Taschenfiltern kommt die Luft dagegen mit zehnmal grösserer Geschwindigkeit, also etwa 0·30 bis 0·50 m Geschwindigkeit per Secunde an, und vermindert im Filter die Geschwindigkeit auf 0·02 bis 0·03 m per Secunde, weil die Filterfläche 10 bis 15 Mal grösser ist, als der Canalquerschnitt. Dr. Petri „glaubt" Anfangs und behauptet später, dass seine Versuchsresultate auf die Taschenfilter übertragen werden können: er berücksichtigt aber dabei offenbar nicht, dass, wie aus nebenstehender Zeichnung (Fig. 3), (worin der ausgezogene Pfeil auf meine, der punktirte auf Dr. Petri's Filteranordnung sich bezieht), sofort erhellt, die Luft, wenn sie unter einem spitzen Winkel gegen das im stark vergrösserten Maassstabe in Fig. 3 gezeichnete Filtertuch mit namhafter Geschwindigkeit stösst, einen viel grösseren Weg im Tuch zurückzulegen hat, als wenn sie senkrecht zur Filterfläche durchgeht, dass ferner die Luft die Fäserchen der Rauhung und der kleinen Canälchen des Gewebes seitlich trifft, während im Gegentheil die senkrecht zur Gewebefläche zuströmende Luft bei Dr. Petri's Versuchen sich in der für das ungefilterte Passiren der Zwischenräume zwischen den Fasern und Fäden günstigsten Richtung befindet.

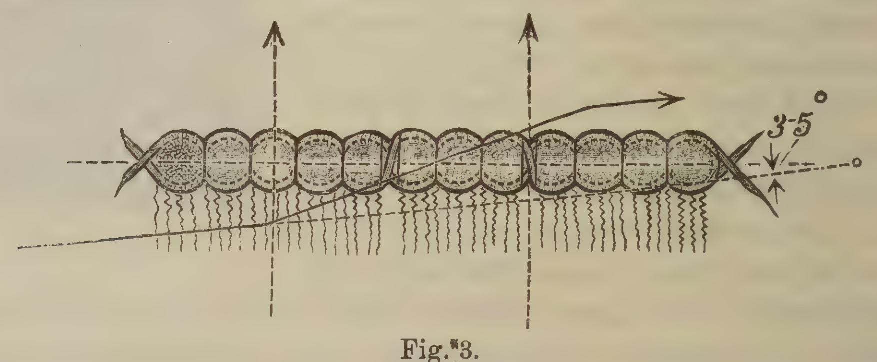


Fig. 3.

Die Reinigung der Luft durch Filterung ist zweifellos hauptsächlich auf ein Ausschleudern der Staubtheilchen in Folge der verminderten Luftgeschwindigkeit und der schnellen Richtungsänderung in engen Canälen, im Innern der Fäden und der Rauhung zurückzuführen: die Staubtheilchen fliegen in Folge des Beharrungsvermögens in der angenommenen Richtung weiter und bleiben an den Fasern, die sie treffen, hängen. Da nun bei Dr. Petri's Versuchen eine Richtungsänderung nur in geringem Maasse und eine Verlangsamung der Luftbewegung im Filter überhaupt nicht eintritt, so muss auch aus diesem Grunde bei denselben die Filterung viel unvollkommener sein, wie bei Taschenfiltern.

Dr. Petri verwandte, wie er S. 237 angiebt, ein Filtertuch von 500 mm Seite also 0·25 qm Fläche, dagegen ein Sandfilter von 18 mm Durchmesser, also 0·00025 qm Fläche, um die Durchlässigkeit des Filterstoffs

zu prüfen. Dieses Sandfilter, welches im (Gegensatz zu den offenen Schälchen) allein zuverlässige Resultate geben konnte, hat also nur $^1/_{1000}$ der Fläche des geprüften Filtertuchs, da nun aber das Sandfilter bei allen Versuchen sich an derselben Stelle befunden hat, und da die Luft sich zwischen Filtertuch und Sandfilter senkrecht zur Filterfläche bewegte, so hat Dr. Petri auch nur $^1/_{1000}$ des Filtertuchs auf Keimdurchlässigkeit untersucht und zwar den mittelsten Theil des Filtertuchs. Da nun ferner jedes Gewebe erhebliche Verschiedenheiten in Betreff des Grades der Keimdichtigkeit und der Luftdurchlässigkeit zeigt, so gewähren Dr. Petri's Versuche durchaus keinen sicheren Anhalt für die durchschnittliche Keimdurchlässigkeit des ganzen Tuchs, sondern selbst, wenn die anderen Beobachtungsfehler vermieden wären, würde er immer nur die zufällige Durchlässigkeit von $^1/_{1000}$ des untersuchten Filtertuchs bestimmt haben. Enthielt hier das Gewebe ein mit blossen Augen nicht erkennbares Loch, so konnten dadurch schon Mengen von Keimen gehen, die Dr. Petri nicht als „durchgegangen" gefunden hätte, wenn das Sandfilter sich einige Centimeter seitlich befunden hätte. Für einwandfreie Versuche darf also das zu prüfende Filtertuch bezw. die Grundfläche der daraus hergestellten Tasche keinen grösseren Durchmesser wie das Sandfilter haben (zweckmässig beide etwa 100 mm Durchmesser), und es muss, um zu Durchschnittszahlen zu kommen, jedesmal mit dem Sandfilter auch das zu prüfende Filtertuch gewechselt werden.

Wo Dr. Petri Versuche mit doppelten Filtertüchern macht, siehe Seite 270, legt er sie lose aufeinander, während ich da, wo ich mehrfache Lagen von Filterstoffen anwende, wie bei keimdichten Filtern, die Lagen fest aufeinander presse. (Bei Lüftungsfiltern habe ich bisher nie zwei Lagen angewandt, weil nach meinen Versuchen der Luftwiderstand mit der Zahl der Lagen erheblich wächst, für keimdichte Filter nicht, weil zwei Lagen Filtertuch für keimdichte Filter nicht ausreichen.) Durch das Versäumen des Aufeinanderpressens schwächt Dr. Petri die Fähigkeit der doppelten Lage, Mikroben zurückzuhalten, ganz ausserordentlich, wie das aus nebenstehenden Holzschnitten sich ohne Weiteres ergiebt:

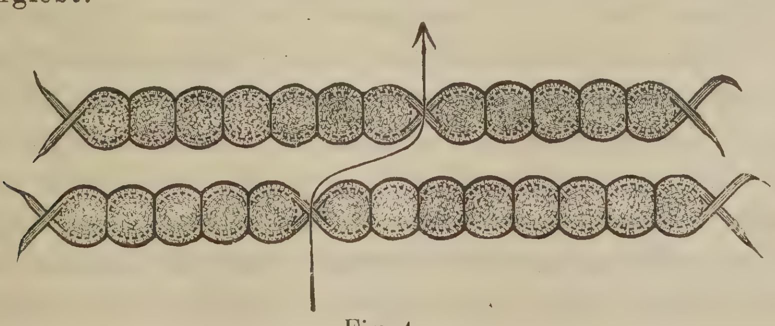


Fig. 4.

Figur 4 zeigt die Lagen lose aufeinander liegend, Figur 5 aufeinander gepresst, die im Stoff stets enthaltenen Webefehler sind durch kleine Lücken angedeutet. In Figur 4 strömt die Luft den Punkt des geringsten Widerstandes suchend, unfiltrirt von Lücke zu Lücke, weil sich wie bei Dr. Petri's Versuchen, ein Abstand zwischen den Tüchern befindet. Es ist dies in Figur 4 durch Pfeile angedeutet.

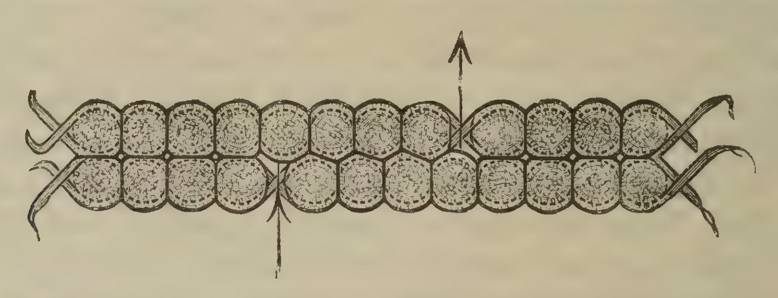


Fig. 5.

Sind dagegen, wie in Figur 5 gezeichnet, die Tücher aufeinander gepresst, so kann die Luft nicht unfiltrirt durchdringen, wie das gleichfalls die Pfeile andeuten. Die Dichtung durch das Zusammenpressen wird durch das seitliche Auseinanderdehnen der Fäden und durch Umlegen der Rauhung verstärkt, die in der Zeichnung fortgelassen wurde. Je grösser die Zahl der Tücher, die Pressung und die Rauhung und je geringer die Luftgeschwindigkeit, desto unwahrscheinlicher wird es, dass ungefilterte Luft durchdringt; wie das bereits oben erwähnt wurde, ist bei einer Verbindung von einem Vorfilter in einfacher Lage und zehn gepressten, gut gewebten Tüchern und 15—25 ^{cbm} Luftdurchgang pro Quadratmeter und Stunde bisher stets dauernde und völlige Keimfreiheit (geprüft mit Nährgelatine) beobachtet.

Herr Dr. Petri spricht, Seite 240, Absatz 1, Zeile 3, die völlig irrige Behauptung aus, dass er nur Filtertuche untersucht hat, die in der Praxis Verwendung fänden. Das gerade Gegentheil ist der Fall: er hat dieselben Filtertuche verwandt, welche Herr Professor Rietschel zu seinen Versuchen benutzte (siehe S. 247, Absatz 4, Zeile 1). Professor Rietschel hat aber, wie ich das im Gesundheitsingenieur Nr. 6 d. J. nachgewiesen habe, Filtertücher verwandt, von denen das eine, das „neue" ganz erheblich von dem bisher ausschliesslich von mir angewandten Stoffe abweicht, dassselbe hat nach Rietschel's Angaben in seiner Arbeit im Gesundheitsingenieur Nr. 4 d. J. Seite 8, Tabelle 1 auf eine Breite von 6 ^{cm} 164 Kettenfäden, während das von mir früher verwandte nur 108, das jetzige nur 80 Kettenfäden hat; dies bedeutet aber (da die Kettenfäden geschlichtet sind, und keine Luft durchlassen), Rietschel's Tuch hat etwa $^2/_3$

der Durchlässigkeit des früher von mir stets verwandten Stoffs, abgesehen von der wahrscheinlich viel gröberen Faser der Baumwolle des Rietschel-schen Einschlages, welcher ein ferneres Hinderniss für den Luftdurchgang bildet. Ausserdem hat Dr. Petri das gleichfalls von Professor Rietschel verwandte „gebrauchte Filtertuch" zu seinen Versuchen benutzt. Dieses rührt von einem Filter her, welches meine Firma an die bekannte Heizungsfirma David Grove in Berlin geliefert hat, und welches desshalb auch nach der Zählung von Professor Rietschel 108 Kettenfäden hat. Aber dies gebrauchte Filtertuch war nach den Angaben von Professor Rietschel, siehe Gesundheitsingenieur No. 4, Seite 6, während 17 Monaten für eine Luftmenge von 171 ^{cbm} per Quadratmeter stündlich benutzt (während höchstens 100 ^{cbm} stündlich durchgehen dürfen), und es war desshalb durch diese Ueberanstrengung stark beschädigt, ausserdem war es nach der Mittheilung des gleichnamigen Hrn. Inhabers der Firma David Grove, der sich dabei auf die Angaben seines Betriebsingenieurs stützt — nie gereinigt und auch dadurch verdorben, da ein Filtertuch längstens nach 6 Monaten gründlich gereinigt werden muss, wenn es nicht erheblich in seiner Leistungsfähigkeit beeinträchtigt werden soll. Ein solches verdorbenes Filtertuch kann nur dadurch wieder für die Praxis verwendbar gemacht werden, dass man es mit Benzin wäscht, trocknet und ausklopft, um die Rauhung wieder herzustellen (die sogenannten Chemischen Waschanstalten, wie Spindler und Andere, besorgen das gegen ein mässiges Entgelt.) Professor Rietschel und Herr Dr. Petri hätten das Filtertuch also nicht als ein gebrauchtes, „sondern als ein durch vorschriftswidrige Behandlung unbrauchbar gemachtes" bezeichnen müssen. Sollten die Versuche mit diesem unbrauchbar gemachten Filtertuch Bedeutung für die Praxis gewinnen, so hätte dasselbe erst mindestens wieder durch Waschen brauchbar gemacht werden oder richtiger, es hätte von vornherein ein unter normalen Bedingungen benutztes und desshalb noch brauchbares Tuch genommen werden müssen.

Das neue Filtertuch, welches Herr Dr. Petri zu seinen Versuchen benutzte, war also, wie oben dargelegt, keineswegs dasjenige, welches ich ihm zu den Versuchen zur Verfügung gestellt hatte, und welches er S. 248 beschreibt, sondern ein ganz anders beschaffenes, für Filterzwecke jedenfalls höchst ungeeignetes Tuch. Ausserdem war es, was er nicht bemerkt zu haben scheint, durch die Versuche des Hrn. Professor Rietschel bereits verdorben, indem Letzterer es durch viel zu grosse Luftmengen überanstrengte. Es geht dies aus den Versuchen, die Professor R. im Gesundheitsingenieur Nr. 4, S. 3 beschreibt und der am Schluss dieses Aufsatzes gegebenen Tabelle II hervor. Während das Filter nach meinen Versuchen und den Angaben in den Prospecten meiner Firma mit

höchstens 100 cbm per Quadratmeter Filterfläche angestrengt werden darf, überanstrengte R. es schon am ersten Tage mit 196·5 cbm per Quadratmeter und in Folge davon ging natürlich die Leistungsfähigkeit ganz erheblich dauernd zurück, nämlich nach Rietschel's eigenen Angaben a. a. O. ging beim ersten Versuch bei 0·5 Widerstand 97 cbm per Quadratmeter durch, nach der Ueberanstrengung jedoch nur noch 42 cbm per Quadratmeter. Professor Rietschel steigert die Ueberanstrengung später noch auf 384 cbm per Quadratmeter, und auch Dr. Petri geht viel weiter wie zulässig, indem er nach der Versuchsreihe, S. 267, Zeile 13, 240 cbm stündlich per Quadratmeter durchsaugt.

Die Schädlichkeit der Ueberanstrengung scheint darin zu bestehen, dass, ähnlich wie bei der Wasserfilterung, dadurch die kleinen Canäle sich verstopfen und die grossen sich erweitern.

Der Widerstand wird bei den gerauhten Filtertüchern namentlich durch das Auflegen der Fäserchen der Rauhung auf die feinen Poren gesteigert und betrug schon beim zweiten Versuch 6 mm Wassersäule, während bei Lüftungsfiltern der Widerstand Anfangs nur 0·2 mm, schliesslich höchstens 0·5—1·0 mm Wassersäule betragen darf. Durch jenen grossen Druckunterschied wird natürlich die Luft mit viel zu grosser Geschwindigkeit durch die wenigen offen gebliebenen Poren des Filters gejagt, diese erweitern sich und lassen viel mehr Keime durch, als wenn die Luft mit normalem Druck und der zulässigen Geschwindigkeit durchgeht. Bei keimdichten Luftfiltern, die aus einem Vorfilter und zehn aufeinander gepressten Lagen eines erheblich dichteren Filterstoffs bestehen, wende ich allerdings selbst Drucke bis zu 20 mm Wassersäule an, aber hier ist die Geschwindigkeit im Filtertuch eine 12—18 Mal geringere wie bei den Versuchen von Dr. Petri, und 4—5 Mal geringer als bei Lüftungsfiltern, hier schadet also die grössere Druckdifferenz Nichts, da sie aus der Summirung sehr kleiner Widerstände der einzelnen Filtertücher entstanden ist.

Dass desshalb Dr. Petri's Versuche keinerlei Schlüsse auf eine normale Filterung gestatten, liegt auf der Hand.

Dr. Petri hat allerdings bei der dritten Versuchsreihe geringere Geschwindigkeiten entsprechend einem Luftdurchgang von 82—110 cbm per Quadratmeter Filterfläche angewandt, weil, wie er S. 276, Abs. 5, Zeile 3 ff. selbst sagt, der Einwand gemacht werden könnte, dass er eine viel grössere Geschwindigkeit wie die von den Filterfabrikanten als zulässig angegeben, von 100 cbm Luft auf den Quadratmeter Filterfläche, angewandt habe. Dr. Petri nimmt aber statt des ihm zur Verfügung gestellten neuen ächten Filtertuchs wieder das durch die Vorversuche verdorbene, von Rietschel angewandte Tuch unbekannten Ursprungs und beraubt

dadurch auch diese Versuche jedes praktischen Werthes. Er erhält desshalb von vornherein bei einem Luftdurchgang von 82 ^{cbm} Druckdifferenz von 1·74—1·96 ^{mm} Wassersäule, während er (wenn seine Versuche die meinigen controlliren sollten, wie er es doch offenbar beabsichtigt), wie ich mit 0·2—0·5 ^{mm} Widerstand hätte arbeiten müssen!

Ueber die schädliche Wirkung der Ueberanstrengung der Filter hätte Herrn Dr. Petri sein Versuch 5 S. 270—71 belehren müssen, er wendet hier zwei neue übereinander liegende Filtertücher an und findet beim Beginn des Versuchs einen Widerstand von 3·95 ^{mm} Wassersäule bei 272 ^{cbm} Luftausgang per Quadratmeter; während er für das bereits durch Ueberanstrengung verdorbene Filtertuch in einfacher Lage unter Versuch 3, Reihe 4, S. 266 bei 236 ^{cbm} Luftdurchgang 6·3 ^{mm} Wassersäule Widerstand findet. Reducirt man den Druck auf die gleiche Luftmenge von 272 ^{cbm}, so ergiebt nach dem von Dr. Hesse und Professor Rietschel gefundenen Gesetz Folgendes den Widerstand, der bei 272 ^{cbm} Luftdurchgang entstanden sein würde:

$$236 : 6{\cdot}3 = 272 : x$$
$$x = 7{\cdot}2^{\text{mm}} \text{ Wassersäule.}$$

Erwägt man ferner, dass der Widerstand bei einfacher Lage die Hälfte des bei Versuch 5 gefundenen Widerstands bei doppeltem Tuch betragen hätte, also $\frac{3{\cdot}95}{2} = 1{\cdot}97$, so ergiebt sich aus seinem Versuch, dass bei dem unverdorbenen Filtertuch der Widerstand 1·97 : 7·2 = 0·28 d. h. etwa $^1/_4$ desjenigen betrug, den Herr Dr. Petri selbst beim überangestrengten gefunden hatte. Aber der Versuch 5 selbst zeigt in schlagender Weise, wie die Ueberanstrengung wirkt. Dr. Petri wendet auch hier, wie bereits oben gesagt, statt der zulässigen grössten Luftmenge von etwa 60—100 ^{cbm} per Quadratmeter und Stunde sofort 272 ^{cbm} an, also fast dreimal so viel, wie nach meinen Versuchen zulässig ist, und in Folge davon steigt (ohne dass Staub mitwirken konnte) der Widerstand binnen 8 Minuten von 3·95 auf 4·55 ^{mm} Wassersäule. Hätte Dr. Petri den Versuch genügend lange fortgesetzt, so würde der Widerstand natürlich ebenso wie bei dem zu Versuch 3 benutzten Filtertuch in Folge der doppelten Lage auf das Doppelte von 7·2 d. h. auf 14·4 ^{mm} gestiegen sein.

Herr Dr. Petri hat ferner die einfachste und nöthigste Voraussetzung für jeden exacten Versuch unterlassen nämlich die Sterilisirung des Filtertuchs.[1]

---

[1] Jedes von meiner Firma aufgestellte keimdichte Luftfilter wird vor Inbetriebsetzung sorgfältig sterilisirt und getrocknet.

Ein rauhes Gewebe, wie das Filtertuch, ist natürlich, mit Mikrobenstaub überall dick bedeckt:

Diese lösen sich von demselben auf der inneren Seite ab, sobald von aussen Luft nach innen durch das Filtertuch strömt, und zweifellos ist ein grosser Theil der Keime, die Herr Dr. Petri als „durchgegangen“ gefunden hat, auf diese Weise in sein Sandfilter u. s. w. gelangt.

Am schädlichsten hat jedenfalls das Unterlassen des Sterilisirens beim alten Filtertuch gewirkt, denn dies musste besonders dick mit Mikrobenstaub aller Art bedeckt sein. Es geht das aus dem zweiten Versuch des Herrn Dr. Petri hervor, derselbe wurde bei 3·14 mm Wassersäule Widerstand und 112 cbm Luftdurchgang angestellt; hier fanden sich 51 Bacterienstäubchen und 32 Pilzsporen. Da nun sonst die Bacterienstäubchen nur $^1/_4$—$^1/_{10}$ der Pilzsporen ausmachten, während bei diesem Versuch viel mehr Bacterien wie Pilzsporen gefunden wurden, so muss man als wahrscheinlich annehmen, dass das alte (ächte) Filtertuch bei 31 mm Druck noch fast bacteriendicht gewesen ist, und die gefundenen Bacterien grösstentheils am Filtertuch gehaftet haben.

III. Zur Beschreibung der Versuche (S. 249 bis 286).

Ich habe schon im vorigen Abschnitt mehrfach in diesen übergreifen müssen.

Gelegentlich der Beschreibung der Versuche erkenne ich gern an, dass die Versuche selbst mit grossem Fleiss und grosser Sorgfalt ausgeführt scheinen, so dass es sehr zu beklagen ist, dass die unrichtigen Grundlagen und irrigen Voraussetzungen denselben den grössten Theil ihres praktischen Werths rauben, wie ich das im vorigen Abschnitt näher nachgewiesen habe.

Der einzige Einwand, den ich ausser dem Vorbemerkten gegen die Versuchsausführungen selbst zu machen habe, ist die auf S. 383 bis 386 beschriebene bacteriologische Untersuchung des alten Filterstoffs. Herr Dr. Petri hat dabei übersehen, dass der Russ, der thatsächlich und auch nach seiner Beschreibung in grossen Mengen das Filter bedeckte, ein kräftiges Desinfectionsmittel ist.

Der Russ enthält nämlich alle schwerer flüchtigen Producte der trockenen Destillation: der Steinkohlenruss insbesondere, um den es sich im vorliegenden Fall jedenfalls hauptsächlich handelt, enthält Theeröl in bedeutenden Mengen, sowie Naphtalin, Schwefelcyanverbindungen u. s. w., und durch diese Stoffe war ohne Zweifel ein grosser Theil der auf dem Filter abgelagerten Keime getödtet oder gelähmt wor-

den, und hätte Herr Dr. Petri die schwarze Flüssigkeit, die er aus dem Filter gewonnen hatte, länger stehen lassen, so würden voraussichtlich fast alle Keime getödtet sein. Es war desshalb kein „Zufall", wie er behauptet, sondern eine nothwendige Erscheinung, dass das Filtertuch selbst keine oder nur ganz schwache Auswachsungen hervorbrachte, obwohl es zweifellos ganz mit Mikroben durchsetzt war.

Nur an der äussersten Schicht hatten sich die Mikroben auf dem Filter keimfähig erhalten, in dem mit Theeröl imprägnirten Filtertuch selbst waren diese getödtet, und es ist desshalb natürlich, dass seine Versuche bei den Kaninchen zum grossen Theil resultatlos verliefen, denn hier konnten die desinficirenden Stoffe ungestört weiter wirken, während bei der Herstellung der Gelatineplatten, wenn ich Herrn Dr. Petri recht verstehe, der Nährgelatine nur eine vergleichsweise kleine Menge der schwarzen Flüssigkeit zugesetzt wurde; hier wurde die desinficirende Kraft des Russes durch entsprechende Verdünnung theilweise aufgehoben, und wenn auch Petri's Untersuchung S. 286 eine ausserordentlich grosse Leistung des Filters von $6^3/_4$ Millionen zurückgehaltenen Bacterien und $8^1/_2$ Millionen Pilzsporen ergab, welche durch einen Quadratmeter meines Filterstoffes aufgefangen wurden, so bleibt dies jedenfalls weit hinter der Wirklichkeit zurück.

Denn nicht allein durch die desinficirende Wirkung des Russes wurde die Zahl der gefundenen Mikroben erheblich vermindert, sondern auch (wie Dr. Petri selbst S. 284 angiebt) durch Abfallen eines grossen Theils des anhaftenden Staubs, und zwar jedenfalls des nicht desinficirten Staubs, wurde die Zahl der Mikroben beträchtlich zu gering gefunden.

Wollte Herr Dr. Petri in einwandfreier Weise Versuche über den Inhalt der Luft an Ansteckungsstoffen und die Fähigkeit des Filtertuches, sie zurückzuhalten, machen, so hätte er vor ein Sandfilter (oder wohl besser ein von Dr. Hesse a. a. O. beschriebenes, mit mehreren Lagen schwedischen Filtrirpapieres bespanntes Filtergehäuse), welches sämmtliche durchgegangene Mikroben abfängt, ein Taschenfilter von gleich grosser Grundfläche und von gutem, thatsächlich von mir verwandtem Filterbieber bringen und darauf Alles mit Dampf sterilisiren und trocknen müssen, ferner hätte er nahe dem Erdboden entnommene Strassenluft mit einer Geschwindigkeit von 1 — 2 m per Secunde und einem Luftdurchgang von höchstens 75 bis 100 cbm per Quadratmeter Filterfläche während eines Zeitraumes von höchstens je 12 Tages- und je 12 Nachtstunden durchsaugen und endlich nach Ablauf dieser Zeit mit dem Filtertuch und dem Sand- (oder Papier) filter (beide natürlich getrennt) in gleicher Weise verfahren müssen, wie Herr Dr. Petri es S. 283 bis 286 beschreibt. Da dann nach Ablauf von 12 Stunden der Russ nur

vereinzelt auf dem Filtertuche liegen kann, und da er in der Flüssigkeit sehr verdünnt sein wird, so kann er wenig schaden, und man wird auf diese Weise Ergebnisse erhalten, die nur wenig hinter der Wirklichkeit zurückbleiben und betreffs der Wirkung in der Zeiteinheit einen Anhalt geben.

Die oftmalige Erneuerung des Filtertuches nach je 12 Stunden würde natürlich zu brauchbaren Durchschnitts-Resultaten über die Durchlässigkeit des Filtertuches für Mikroben führen, welche Dr. Petri's Versuche nicht gewähren. Denn der häufige Wechsel des Filterstoffes würde einen Ueberblick über den Einfluss der in jedem Gewebe vorkommenden Verschiedenheiten und Fehler gewährt haben.

Impft man mit der oben erwähnten nöthigenfalls noch mehr zu verdünnenden Flüssigkeit eine grosse Zahl verschiedene Nährböden (bezw. Flüssigkeiten) enthaltende Gläser, so wird man in bekannter Weise Reinculturen erhalten, welche die Natur des aufgefangenen Mikroben sicher erkennen lassen.

Will man nur den Gehalt der Luft an Krankheitserregern feststellen, so ist natürlich die Anbringung des Filtertuches vor dem Papier oder Sandfilter überflüssig. Dass aber derartige Versuche jahrelang und namentlich bei Epidemieen fortgesetzt werden müssten, um zu ganz befriedigenden Durchschnittsergebnissen zu kommen, liegt auf der Hand, gerade so, wie man Wetterbeobachtungen nicht auf einen oder einige Tage beschränken darf; aber wenn auch nur wenige zuverlässige Versuche vorlägen, würde man über eine der wichtigsten Fragen der Hygiene, den Gehalt der atmosphärischen Luft an Bacillen und Pilzen im Allgemeinen und an Krankheitserregern im Besonderen, zu den verschiedenen die ersten sicheren Beobachtungen sammeln, und das wäre vom grössten Werth und würde sicher bald in allen Theilen der civilisirten Erde Nachfolge finden.

IV. Zu den zusammenfassenden Schlussbemerkungen.

Ich übergehe hier die Wiederholung der in dem Aufsatz des Hrn. Dr. Petri enthaltenen, bereits im Gesundheitsingenieur Nr. 6 und 10 d. J. widerlegten Rietschel'schen Versuchsergebnisse und beschränke mich auf eine Besprechung der eigenen Ergebnisse des Herrn Dr. Petri.

Er sagt bei Ergebniss 1:

Bei den in den Ventilationsanlagen vorkommenden Verhältnissen sind „die Filtertuche für Bacterien und Pilzsporen durchlässig“, dieser Satz spricht, wie bereits oben S. 381 ausgeführt, nur eine

bekannte und wohl von keinem Kenner der einschlägigen Verhältnisse bezweifelte Wahrheit aus, sobald es sich um einfache Lagen Filterstoff handelt. Aber in dieser Allgemeinheit hingestellt, scheint Dr. Petri die Möglichkeit keimdichter Filter zu bestreiten, und so ist es selbst vom wissenschaftlichen Referenten eines hervorragenden Fachblattes und von einer medicinischen Autorität aufgefasst, die in einem mir vorliegenden Gutachten ausgesagt hat, die Wirkungslosigkeit der von meiner Firma ausgeführten Filter auf die Abhaltung der Mikroben sei durch Herrn Dr. Petri nachgewiesen. Der ungünstige Eindruck, den jener Satz macht, wird dadurch erhöht, dass Dr. Petri dabei den interessantesten und werthvollsten Theil seiner Arbeit verschweigt, nämlich die Angabe des Procentgehaltes der zurückgehaltenen zu den durchgegangenen Mikroben, etwa wie er S. 273, Absatz 5 angiebt: es seien 74 Procent der Bacterien und 59 Procent der Pilzsporen durch das Filter zurückgehalten. Ebenso macht er in seiner Tabelle S. 282, welche die Hauptergebnisse zusammenfasst, nur Angaben über die durchgegangenen, nicht aber über die zurückgehaltenen Mikroben, auf die es doch hauptsächlich ankommt.

Ergebniss 2 stimmt ebenso wie Ergebniss 1 (wenn richtig verstanden) mit meinen Beobachtungen überein.

In Ergebniss 3 giebt er als Resultat seiner Beobachtungen an, der Druckverlust entspreche 2 bis 7·5 mm Wassersäule, dem gegenüber behaupte ich nochmals auf das Bestimmteste, dass der von mir angewandte Filterstoff nur 0.2 bis 0.5 Druckdifferenz bei 60 bis 100 cbm stün'lichem Luftdurchgang per Quadratmeter bei Anlagen ohne Pulsion braucht und brauchen kann, denn fast sämmtliche von meiner Firma ausgeführte Filteranlagen arbeiten ohne Pulsion. Jeder Heizungstechniker weiss und Professor Rietschel hat in seiner von Dr. Petri wiederholt citirten Behandlung in dem Gesundheitsingenieur dies bestätigt, dass Luftheizungsanlagen ohne Pulsion nicht mehr Widerstand wie etwa 0.5 mm Wassersäule zu überwinden vermögen und da Herr Dr. Petri doch aus meinen Mittheilungen und aus Veröffentlichungen unbetheiligter Sachverständiger (Dr. Ferd. Fischer u. A.) in technischen Zeitschriften wusste, dass viele solche Filteranlagen seit Jahren in befriedigendem Betriebe sind, da er doch selbst gefunden hatte, dass das ihm von mir zu den Versuchen zur Verfügung gestellte Tuch ganz anders zusammengesetzt war, wie das von Professor Rietschel verwandte, da ferner ihm bekannt war, dass in den Veröffentlichungen meiner Firma die zulässige Maximalleistung des Filters auf 100 cbm per Quadratmeter (bei Filtern ohne

Pulsion lasse ich höchstens 60 bis 80 cbm Luft durch den Quadratmeter gehen) angegeben ist, so hätte er sich m. E. selbst sagen müssen, dass seine von den Untersuchungen anderer Heizungsingenieure abweichenden Resultate wahrscheinlich dadurch bedingt seien, dass er ein von dem meinigen abweichendes Filtertuch verwandt und die Versuche unter ganz anderen Verhältnissen, wie sie in der Praxis stattfinden, gemacht habe.

Herr Dr. Petri hätte deshalb m. E. die Pflicht gehabt, etwa in einer Anmerkung zu erklären: „Dr. Möller behauptet, das von Professor Rietschel und mir verwandte „neue“ Tuch sei nicht das von seiner Firma K. u. Th. Möller zu Lüftungsfiltern benutzte, und er hat mir deshalb zu meinen Versuchen Proben seines Tuches gesandt, ich habe dasselbe aber bei meinen Versuchen nicht verwandt und nur bei einer Untersuchung unter der Zählplatte gefunden, dass es viel weniger Kettenfäden besitzt, wie das Rietschel'sche Tuch. Untersuchungen des Rietschel'schen und des Möller'schen Stoffs betreffs

1. der Feinheit und Länge der Faser;
2. der Dicke und Drehung der Einschlagfäden und der Kettenfäden;
3. Vorhandensein, eventuell die Grösse der Lücken zwischen den Fäden (Maschenweite), Schlichtung der Fäden, Art der Rauhung,

also der Grundlagen für die Beurtheilung eines Gewebes betreffs seiner Leistungsfähigkeit als Filterstoff habe ich auch nicht gemacht, weshalb meine Versuche einen directen Rückschluss auf die Möller'schen Filter nicht zulassen.“

In Ergebniss 4 sagt Herr Dr. Petri: „Bei der Berechnung der Kosten, sowie des Motors einer solchen Anlage ist auf den unter 3 angegebenen Verlust gebührend Rücksicht zu nehmen.“ Bei der Berechnung der Kosten einer Anlage sind natürlich die Anlage- und die Betriebskosten zu trennen. Was erstere betrifft, so bestehen dieselben bei Anlagen ohne Pulsion im Wesentlichen nur in der Beschaffung des Filters, da die dafür erforderlichen kleinen Räume behufs Anbringung der Filter namentlich bei Neuanlagen wohl stets vorhanden, bezw. ohne besondere Kosten zu beschaffen sind. Auch bei Anlagen mit Pulsion ist bei dem geringen Gegendruck, den ein Filter höchstens erzeugen darf, eine Verstärkung der Maschinenlage fast niemals erforderlich, es genügt, den Ventilator einige Umdrehungen mehr machen zu lassen, indem man die Riemenscheibe auf der Dampfmaschine etwas grösser macht, oder letztere etwas schneller laufen lässt, wie es erforderlich gewesen sein würde, wenn kein Filter angebracht wäre, bei Neuanlagen kommt das gar nicht in Betracht. Dass aber die Anlagekosten der Lüftungsfilter bei

Tabelle I.

Nummer	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
Stündliche Luftmenge ohne Pulsion, Cubikmeter	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
Stündliche Luftmenge mit Pulsion, Cubikmeter	700	1300	2000	2700	3400	4000	4700	5400	6700	7400	8000	10700	12000	13400
Aeussere Länge und Breite der Winkeleisenrahmen, Millimeter	785 × 785	990 × 990	1180 × 1180	1340 × 1340	1505 × 1505	1600 × 1600	1755 × 1755	1840 × 1840	2 × 2100 × 1050	2 × 2200 × 1100	2 × 2400 × 1200	2 × 2550 × 1275	2 × 2700 × 1350	2 × 2850 × 1425
Tiefe der Taschen, Millimeter	390	495	550	600	650	700	750	800	850	965	1080	1150	1210	1275
Preise für Filter zu Anlagen ohne Pulsion, complet, Mark	112	145	175	198	235	282	315	348	564	610	658	720	775	890
Preise für Filter zu Anlagen mit Pulsion, complet,[1] Mark	117	150	188	225	273	320	366	414	640	715	790	855	917	1050
Preise eines Reservefiltertuches, Mark	20	30	40	52	65	77	89	101	155	175	195	220	245	270

[1] Die Preise für Filter zu Anlagen mit Pulsion sind etwas höher als für solche ohne Pulsion, da die Rohrgestelle der ersteren wesentlich kräftiger gebaut sein müssen. Filter, welche zum Abfangen des aus Lohmühlen, Cementmühlen u. s. w. abgesaugten Staubes dienen, müssen 50 bis 100 Procent grösser sein, wie die gewöhnlichen Pulsionsfilter.

[2] Die Filter Nr. IX bis XIV sind getheilt (haben 2 Rahmen); es sind deshalb auch die Reserve-Filtertücher getheilt.

grösseren öffentlichen Gebäuden und Privatluxushäusern, Trockenräumen von Fabriken und Manufacturwaarenhäusern gegenüber den Gesammtbaukosten und den Ersparnissen, die die Verhütung des Staubes für die Erhaltung werthvoller Gegenstände und für die Verminderung der Reinigungskosten nicht in Betracht kommen können, ergiebt umstehende Tabelle I, die auch zeigt, dass Professor Rietschel's von Dr. Petri wiederholte Behauptung S. 287, Zeile 19 unrichtig ist, dass Filter, welche nur mit Temperaturdifferenz ventiliren, practisch unausführbare Filterflächen erfordern. Die Taschenform macht es möglich, im kleinen Raume grosse Filterflächen zu bringen, wie die Tabelle zeigt, die einem Prospecte meiner Firma für staubdichte Filter entnommen ist.

Die keimdichten Filter sind bei gleichem Luftdurchgang natürlich grösser und theurer.

Erwägt man ferner, dass wegen der grösseren Uebelstände, welche Caloriferluftheizungen ohne Luftfilter haben, in neuer Zeit meist Dampf- und Wasserheizungen genommen werden, und vergleicht man die Preise dieser Letzteren mit denjenigen von Caloriferheizungen einschliesslich des Luftfilters, so sind diese letzteren viel billiger wie die Dampf- und Wasserheizungen.

Was endlich die Betriebskosten betrifft, so ist bei Lüftungsanlagen ohne Pulsion nur eine Temperaturerhöhung in der Heizkammer von 10 bis 15° C. erforderlich, die aber ja keineswegs einen reinen Wärmeverlust darstellt, sondern grösstentheils bei der Heizung wieder gewonnen wird. Bei Anlagen mit Pulsion handelt es sich bei kleinen und mittleren Anlagen jedenfalls nur um einen kaum merkbaren Mehrdampfverbrauch, der dazu dient, den Mehrluftwiderstand von 0·5 bis 1·0 mm Wassersäule zu überwinden.

Zum Schluss noch eine kurze Erwiderung auf die „Nachträgliche Bemerkung", mit der Herr Dr. Petri seinen Aufsatz schliesst; er sagt dort Zeile 8: Wenn die von mir untersuchten Tuche Keime durchlassen . . . . . so „müssen weitmaschigere oder lockerer gewebte Tuche das denn doch noch mehr thun." Wo habe ich gesagt, dass ich weitmaschigere oder lockere Tuche verwende?! Dieser Satz zeigt ein völliges Missverstehen meiner Behauptungen und ein völliges Verkennen der Punkte, auf die es bei der Leistungsfähigkeit eines Filtertuches ankommt. Ich habe behauptet, dass die von meiner Firma verwandten Filtertuche aus den oben entwickelten Gründen, namentlich grösserer Feinheit der Baumwolle, geringerer Zahl der geschlichteten Kettenfäden u. s. w., bei gleicher oder grösserer Fähigkeit, Staub und Mikroben zurückzuhalten, eine bedeutend grössere Durch-

lässigkeit für Luft haben, wie das von Herrn Dr. Petri verwandte Rietschel'sche Tuch. Ein gutes Filtertuch darf überhaupt keine sichtbaren Maschen haben: die Luft muss durchs Innere der Fäden selbst gehen und nicht durch die Maschen zwischen den Fäden.

Wie grosse Unterschiede zwischen gleich staubdichten Biebesgewewbe betreffs der Luftdurchlässigkeit bei gleichem Drucke bestehen. ergiebt sich aus folgender Tabelle II. Die zweite Colonne ist der Versuchsreihe entnommen, die Herr Professor Rietschel im Gesundheitsingenieur Nr. 4, S. 3, Spalte 1 mit dem unverdorbenen Tuche angestellt hat, die erste den Resultaten, die Dr. Petri mit dem durch seine und Rietschel's Versuche mittelst Ueberanstrengung verdorbenem Filtertuch erhalten hat.

Sie sind berechnet nach dem früher von Dr. Hesse, später von Professor Rietschel gefundenen Gesetze, dass die filtrirten Luftmengen sich umgekehrt verhalten, wie die Drucke, um Alles auf die Druckdifferenzeu von **0·5** mm Wassersäule zurückzuführen, bei welchem ich meine Versuche angestellt habe, und welche bei der Luftfiltration überhaupt vorzugsweise in Frage kommt.

Dr. Petri giebt S. 267 die durchgesaugte Luftmenge beim letzten in Frage kommenden dem 3. Versuch, Reihe 4 auf 238 cbm per Quadratmeter Filterfläche bei einem Druck von 6·3 mm Wassersäule; es ergiebt sich hieraus nach dem Hesse-Rietschel'schen Gesetz:

$$238 : x = 6\cdot3 : 0\cdot5$$

also

$$x = \frac{0\cdot5 \times 238}{6\cdot3} = 19 \text{ cbm per Quadratmeter.}$$

Professor Rietschel und Dr. Petri hatten also durch Ueberanstrengung die Leistung desselben Filterstoffs von 97 auf 19 cbm herunter gebracht, wie das in Tabelle II, Colonne 1 und 2 ersichtlich.

Die Colonnen 3 bis 5 sind mit einem Apparat und einer Methode erhalten, die dem Rietschel'schen ähnlich sind. Die Versuche sind theils von mir, theils von Hrn. Ingenieur Ludolff auf der Fabrik meiner Firma mit staubdichten Biebern gemacht.

Die letzte Colonne bezieht sich auf das von meiner Firma für Lüftungsfilter jetzt angewandte Tuch.

Die Zahlen sprechen so deutlich, dass ich Nichts mehr hinzuzufügen habe.

Tabelle II.

Stündliche Luftmengen bei 0·5 mm Druckwiderstand in Cubikmetern per Quadratmeter Filtertuch.

Professor Rietschel's Filtertuch in einfacher Lage		Von K. & Th. Möller angewandte staubdichte Filtertuche in einfacher Lage		
1.	2.	3.	4.	5.
Dr. Petri's Resultate, durch Ueberanstrengung verdorbenes Filtertuch	Rietschel's Resultate, unverdorbenes Filtertuch	früheres Filtertuch für Lüftungsfilter, Marke B. Bieber B.	Filtertuch für keimdichte Filter, Marke B. V.	jetziges Filtertuch für Lüftungsfilter, Marke B. V. 2. S.
19 cbm	97 cbm	150 cbm	170 cbm	220 cbm



[Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.]

Untersuchungen über die Entstehung der Kurzsichtigkeit.

Von

Dr. M. Kirchner,
Stabsarzt.

(Hierzu Taf. IV u. V.)

Unter den Krankheiten, deren Entstehung auf den Einfluss der Schule zurückgeführt wird, nimmt die Kurzsichtigkeit die erste Stelle ein. Seit James Ware[1] im Jahre 1812 auf die Thatsache hinwies, dass sich unter 127 Zöglingen eines College in Oxford 32, d. h. 25·2 Procent, einer Lorgnette oder Brille bedienten, während bei den 10,000 Mann der drei Regimenter Fussgarde Kurzsichtigkeit fast ganz unbekannt wäre, vergingen allerdings noch 30 Jahre, ehe man dem Einfluss der Schule auf die Entstehung der Kurzsichtigkeit seine Aufmerksamkeit zuwandte. Seit aber H. Cohn[2] mit seinen wahrhaft epochemachenden „Untersuchungen von 10,060 Schulkindern nebst Vorschlägen zur Verbesserung der den Augen nachtheiligen Schuleinrichtungen" an die Oeffentlichkeit trat, haben zahlreiche einwandsfreie Erhebungen an den verschiedensten Orten Deutschlands und des Auslandes die Thatsache unzweifelhaft festgestellt, dass die Kurzsichtigkeit unter den Schülern, entsprechend den Anforderungen, welche die Schule an die geistige Leistungsfähigkeit der Schüler stellt, zunimmt und nicht nur der Zahl, sondern auch dem Grade nach von Classe zu Classe wächst.

---

[1] *Philosophical Transactions of the royal society of London.* 1813. t. I. p. 31 ff. (Citirt bei Cohn.)

[2] Leipzig 1867. 8°. 171 Seiten.

Frühere Schüleruntersuchungen.

Der vor Cohn's Arbeit angestellten Untersuchungen sei nur kurz Erwähnung gethan. In den vierziger Jahren waren nach Schürmayer[1] im Grossherzogthum Baden von 2172 Schülern der 15 Gelehrtenschulen 392 = 18·0 Procent, von 930 Schüler der höheren Bürgerschulen dagegen nur 46 = 4·9 Procent kurzsichtig. Erkundigungen, welche Szokalski in Paris anstellte, ergaben, dass in den Jahren 1834 bis 1845 im Collège Charlemagne unter 807 Schülern 89 = 11·0 Procent, im Collège Louis-le-Grand unter 170 Zöglingen 25 = 14·7 Procent kurzsichtig waren, während unter den 6300 Schülern der Elementarschulen angeblich kein einziger myopisch sein sollte. In dem letztangeführten Collège nahm die Kurzsichtigkeit von den unteren zu den oberen Classen zu im Verhältniss von $^1/_{11}$ bis zu $^1/_5$. Rüte[2] untersuchte 1865 die Schüler der Rathsfreischule und der ersten Armenschule in Leipzig und fand unter den Knaben der ersteren 2·3 Procent, unter den Mädchen 3·6 Procent, unter den Knaben der letzteren 1·5 Procent, unter den Mädchen 1·3 Procent Myopen.

Cohn fand unter den 10,060 Schulkindern, welche er im Winter 1865/66 in Breslau untersuchte, 1072 = 10·7 Procent kurzsichtig, und zwar betrug die Kurzsichtigkeit unter den Schülern der Dorfschulen 1·4 Procent, der städtischen Elementarschulen 6·7 Procent, der höheren Töchterschulen 7·7 Procent, der Mittelschulen 10·3 Procent, der Realschulen 19·7 Procent, der Gymnasien 26·2 Procent. Im ersten Schulsemester waren 0·4 Procent, im letzten Schuljahre 63·6 Procent der Schüler myopisch.

Die späteren Schuluntersuchungen bis zum Jahre 1883 finden wir in der „Hygiene des Auges in den Schulen“ von H. Cohn[3] in einer Tabelle zusammengestellt, aus der es gestattet sei, einige Zahlen hervorzuheben.

So fand Cohn 1871 in der Dorfschule in Schreiberhau 1 Procent, Callan 1875 in einer Negerschule in New-York 3 Procent, Koppe 1876 in einer Volksschule in Dorpat 2 Procent, Emmert 1877 in Bern in einer Elementarschule 1 Procent Myopen.

In Vorschulen fand v. Hoffmann 1873 in Wiesbaden 20 Procent, Koppe 1876 in Dorpat 11 Procent, Loring und Derby 1876 in New-York 7 bis 12 Procent Kurzsichtige.

In Realschulen fand Ott 1874 in Schaffhausen 13 Procent, Dor 1874 in Bern 25 Procent, Pflüger 1876 in Luzern 36 Procent, Just 1879

---

[1] *Handbuch der medicinischen Polizei.* Erlangen 1856. 2. Aufl. (Citirt bei Cohn.)

[2] Cohn, a. a. O. S. 11.

[3] Wien und Leipzig 1883. 8°. 190 Seiten.

in Zittau 40 Procent, Netoliczka 1880 in Graz 33 Procent, Florschütz 1880 in Coburg 42 Procent, Weber 1881 in Darmstadt 41 Procent Kurzsichtige.

In Gymnasien endlich fand Thilenius 1868 in Rostock 31 Procent, Schultz 1870 in Upsala 37 Procent, Cohn 1875 in Breslau 35 Procent, Krüger 1873 in Frankfurt a./M. 34 Procent, Conrad 1875 in Königsberg 32 Procent, Scheiding 1876 in Erlangen 55 Procent, Kotelmann in Hamburg 1877 38 Procent u. s. w.

Diese Zahlen, die sich ohne Mühe häufen liessen, zeigen deutlich die aller Orten gemachte Wahrnehmung, dass die Kurzsichtigkeit mit der Höhe der Anstalt steigt.

Es sei gestattet, noch einige Zahlenreihen anzuführen zum Belege dafür, dass die Myopie in den Anstalten selbst von Classe zu Classe zunimmt.[1] Cohn fand im Elisabethgymnasium in Breslau in Sexta 11, in Prima 65 Procent; Thilenius in Rostock in Sexta 11, in Prima 41 Proc.; Krüger in Frankfurt a./M. in Sexta 40, in Prima 64 Procent; v. Hoffmann in Wiesbaden 24 bezw. 48 Procent; Dor in Bern 27 bezw. 66 Proc. Myopen. Seggel constatirte im Königl. bayerischen Cadettencorps eine Zunahme der Kurzsichtigkeit von 22·4 Procent in der untersten bis zu 35·7 Procent in der höchsten Classe. Bei den Erhebungen, die in der Zeit vom November 1878 bis dahin 1882 im Königl. preussischen Cadettencorps angestellt wurden, ergab sich, dass von den 10,400 Cadetten 25·2 Procent kurzsichtig waren, und dass die Zahl der Myopen von 12.3 Procent in Sexta bis zu 31·7 Procent in Selecta stieg. Helwig und Hess[2] fanden 1882 im Grossherzoglichen Gymnasium zu Mainz 57 Procent Myopen, ansteigend von 44·5 Proc. in Sexta bis auf 75 Proc. in Prima, in der dortigen Realschule 42·4 Proc., ansteigend von 33·3 Proc. bis auf 60·7 Procent, v. Hippel im Gymnasium zu Giessen 3·7 Proc. in der dritten Vorschulclasse, 77 Procent in Prima.

Einfluss der Schule auf Entstehung der Kurzsichtigkeit.

Das kurzsichtige Auge hat bekanntlich einen grösseren Längendurchmesser als das normale, bezw. weitsichtige Auge. Alle Umstände, welche eine Dehnung der harten Haut des Auges veranlassen, müssen daher

---

[1] Vergl. das *Gutachten der Königlichen wissenschaftlichen Deputation für das Medicinalwesen, betreffend die Ueberbürdung der Schüler in den höheren Lehranstalten.* Referent: Virchow und Westphal. Berlin, 19. December 1883.

[2] *Zusammenstellung der wichtigeren Ergebnisse der Augenuntersuchungen in dem Grossherzogl. Gymnasium und der Grossherzogl. Realschule zu Mainz, sowie in dem Grossherzogl. Gymnasium zu Giessen.* Darmstadt 1882. 4°. 14 Seiten.

auch die Verlängerung der Augenaxe, d. h. die Entstehung der Kurzsichtigkeit bedingen. Häufige und lange fortgesetzte Accommodation bei starker Convergenz der Sehlinien und Blutüberfüllung in der Aderhaut kommen hierbei in erster Linie in Betracht. Schlechte Subsellien, schlechte Beleuchtung, schlechte Schreib- und Lesematerialien sind es, welche in der Schule so häufig zusammenwirken, um den Schüler zu zwingen, übermässig zu accommodiren, um seine Aufgaben überhaupt zu erkennen, sich vornüberzuneigen, um bequem sitzen zu können, und die Gegenstände dicht an das Auge zu bringen, d. h. übermässig zu convergiren.

Die Schulbankfrage ist eine verhältnissmässig junge; sind doch wenig mehr als 30 Jahre verflossen, seit H. v. Meyer in Zürich und der Amerikaner Bernard die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung der Subsellien lenkten. Trotzdem herrscht jetzt wohl unter den Schulhygienikern nur eine Meinung[1] darüber, dass die Schulbänke möglichst körpergemäss sein sollen, damit die Kinder dauernd ohne Anstrengung darauf sitzen können. Dies ist nur möglich, wenn die Höhe der Bank der Länge des Unterschenkels, ihre Breite derjenigen des Oberschenkels entspricht und für eine zweckmässige, der natürlichen Biegung der Wirbelsäule sich anschmiegende Rückenstütze gesorgt ist. Soll das Kind bequem sitzen, so muss es seine Ellbogen auf den Tisch legen können, ohne sich in der Wirbelsäule zu verbiegen oder vornüber zu neigen. Der Tisch muss daher so hoch sein, dass die senkrechte Entfernung der vorderen Tischkante von der Bank, die „Differenz“, bei Knaben $^1/_{7.5}$ der Körperlänge $+ 2^{cm}$, bei Mädchen $^1/_7 + 2^{cm}$ beträgt. Ausserdem muss die vordere Kante des Tisches sich senkrecht über derjenigen der Bank befinden oder noch besser sie um einige Centimeter überragen, d. h. die „Distanz“ muss $= \pm 0$ oder negativ sein. Sind die Bänke nicht derartig gebaut, so können die Kinder beim Lesen und Schreiben nicht sitzen, ohne in sich zusammenzusinken und mit der Brust der Tischkante, mit den Augen der Tischplatte sich übermässig zu nähern; die vornübergebeugte Haltung des Kopfes, die angestrengte Accommodation, die übermässige Convergenz der Sehaxen, kurz die Bedingungen zur Entstehung der Myopie sind damit gegeben.

Hinsichtlich der Beleuchtung herrscht darüber Einigkeit, dass dieselbe möglichst ausgiebig sein soll. Die Untersuchungen von Uhthoff haben ergeben, dass das Sehvermögen der Augen bei einer Lichtstärke von ca. 33 Meterkerzen am besten ist, bis zu 10 Meterkerzen langsam, bei

---

[1] Dr. A. Lorenz, *Die heutige Schulbankfrage.* Wien 1888. 8°. 63 Seiten. — Dr. A. Baginsky, *Handbuch der Schulhygiene.* Stuttgart 1883. 8°. S. 252 ff.

weiterer Herabsetzung der Beleuchtung aber rapide abnimmt. Cohn[1] verlangt daher mit Recht, dass auch die schlecht beleuchtetsten Plätze selbst an dunklen Tagen nicht weniger Licht erhalten sollen, als 10 Meterkerzen entspricht. Cure[2] hält auf Grund seiner Lichtmessungen in der Schule in Montpellier dies von Cohn geforderte Lichtminimum für „exagéré", fügt indessen hinzu, dass er nicht wisse, ob die von ihm benutzte Kerze der deutschen Normalkerze entspreche, eine Bemerkung, durch die seine Untersuchungen sich als nicht vergleichbar herausstellen.

Cohn's Forderung würde sich am vollkommensten erfüllen lassen, wenn sämmtliche Schulzimmer Oberlicht erhielten. Dies gilt heutzutage noch aus finanziellen Gründen für unmöglich, obwohl nicht einzusehen ist, weshalb wir nicht noch einmal einstöckige Schulen bekommen sollten, so gut wie man jetzt schon fast überall einstöckige Krankenhäuser baut. Man hat sich vorläufig bei uns dahin geeinigt, dass alle Zimmer die Fenster nur auf der linken Seite haben sollen, und dass das Verhältniss der Glasfläche der Fenster zum Flächeninhalt des Fussbodens nicht unter 1:5 heruntergehen soll. In Frankreich besteht über dieses Verhältniss keine Vorschrift, dagegen wird dort verlangt, dass die Höhe der Fenster $^2/_3$ der Tiefe des Classenzimmers betragen soll, während man der Glasfläche eine Ausdehnung von $^1/_4$ der Bodenfläche giebt.[3]

Es ist klar, dass die Bilder auf unserer Netzhaut um so undeutlicher werden, je ungünstiger die Beleuchtung ist. Um sie noch genügend erkennen zu können, kommen wir den Gegenständen näher und näher, wobei eine Anstrengung der Accommodation, Verstärkung der Convergenz der Sehaxen, Steigerung des Blutdruckes im Auge nicht ausbleiben können. Schlechte Beleuchtung in den Schulzimmern ist also ebenso nachtheilig für das Auge wie mangelhafte Subsellien.

Die Ergebnisse der so zahlreichen Untersuchungen haben nicht verfehlt, die Aufmerksamkeit der Behörden und Schulmänner auf die Wichtigkeit der Schulbank- und der Beleuchtungsfrage zu lenken, und man hat nicht unterlassen, bei der Anlage von neuen Schulbauten den Forderungen der Hygiene bis zu einem gewissen Grade Rechnung zu tragen. Es dürfte daher an der Zeit sein zu prüfen, ob in derartigen Neubauten die Schüler in geringerer Anzahl der Kurzsichtigkeit anheimfallen, oder ob es vielleicht andere, ausserhalb der Schule liegende Einflüsse sind, welchen die Hauptschuld an der Entstehung der Kurzsichtigkeit zuzuschreiben ist.

---

[1] Dr. H. Cohn, Tageslichtmessungen in Schulen. *Deutsche med. Wochenschrift.* 1884. Nr. 38.

[2] A. Cure, *Contribution à la photométrie scolaire.* Paris 1887. 8°.

[3] Galezowski und Kopff, *Hygiène de la vue.* Paris 1888. 8°. p. 179.

In dieser Beziehung liegen bisher noch wenig Untersuchungen vor. Professor Imbert[1] in Montpellier fand 1887 in der am schlechtesten beleuchteten Knabenschule 12 Proc., in einer gut beleuchteten nur 5 Proc. Myopen. v. Hippel[2] fand in dem gut beleuchteten, frei gelegenen neuen Gymnasium in Giessen, das mit guten Subsellien ausgestattet ist und allen modernen Anforderungen entsprechen soll, 34 Procent Myopen unter den Schülern, weswegen er Bedenken gegen die schulhygienischen Schutzmittel hegt. Bei der geringen Anzahl und den sich widersprechenden Ergebnissen derartiger Untersuchungen schien eine Wiederholung derselben nicht unzeitgemäss zu sein.

Diese Erwägungen waren es, welche Hrn. Geheimrath Koch veranlassten, mich mit der Untersuchung des Refractionszustandes der Schüler der hiesigen höheren Lehranstalten zu beauftragen. Mit hoher Genehmigung des Hrn. Cultusministers von Gossler wählte ich in erster Linie das Friedrichs- und das Leibniz-Gymnasium, von denen das erstere mit gänzlich veralteten Subsellien ausgestattete und theilweise ungenügend beleuchtete Schulzimmer hat, während das letztere, ein prachtvoller Neubau, in beiden Beziehungen die günstigsten Verhältnisse erwarten liess.

Eigene Untersuchung der Schüler zweier Gymnasien.

Bevor ich mich den Ergebnissen der Augenuntersuchung zuwende, möchte ich die hygienischen Verhältnisse der beiden Gymnasien kennzeichnen. Von den Grundrissen derselben sind zum Verständniss des Nachstehenden Skizzen den Anlagen beigefügt. Die Abmessungen der Classenzimmer sind aus Tabelle I ersichtlich.

Das in der Friedrichsstrasse gelegene Friedrichs-Gymnasium ist in zwei parallel hintereinander liegenden dreistöckigen Gebäuden untergebracht, welche durch einen verhältnissmässig schmalen Hof von einander getrennt sind. Die Mehrzahl der Classen befindet sich im Hintergebäude, während in dem Vordergebäude, und zwar mit den Fenstern nach dem Hofe heraus, nur die beiden Primen und die Obersecunda liegen. Von den Schulzimmern ist keines länger als $7^3/_4$ m, keines breiter als 6·13 m, keines niedriger als 3·7 m, Maasse, welche als zweckmässig gelten müssen. Dagegen ist der Luftraum, welcher auf den einzelnen Schüler entfällt, in den meisten Classen ungenügend. Gewöhnlich nimmt man an, dass ein erwachsener Mensch etwa 60 cbm Luft in der Stunde bedarf, mithin, bei

---

[1] Cure, a. a. O. p. 46.

[2] H. L. Cohn, Ueber die Nothwendigkeit der Einführung von Schulärzten. *Diese Zeitschrift.* Bd. I. S. 261.

Voraussetzung eines dreimaligen Luftwechsels in dieser Zeit, einen Luftraum von 20 ^{cbm} haben muss. In Schulen, in denen die Kinder sich nur vorübergehend aufhalten, geht man auf 4 bis 5 ^{cbm} pro Kopf herunter, ein Luftraum, der meiner Ansicht nach viel zu klein ist. Aber selbst unter diesem geringsten Maasse bleibt das Friedrichs-Gymnasium in allen ausser den 3 obersten Classen zurück und erreicht in den 11 untersten Classen nicht einmal 3 ^{cbm}. Freilich pflegen in den Classen nicht soviel Schüler zu sein als Sitzplätze darin vorhanden sind; allein, selbst wenn man die wirklich anwesende Schülerzahl berücksichtigt, so kommen auf jeden Schüler $4^1/_2$ ^{cbm} Luftraum nur in den Classen Quarta *b* und *a* und in Obertertia *a* aufwärts, während er in zehn Classenräumen hinter jenem Werthe zurückbleibt. Dabei ist der Lehrer nicht einmal mit gerechnet, der doch auch athmen muss.

Was das Verhältniss der Glasfläche zu dem Flächeninhalt des Bodens betrifft, das, wie erwähnt, 1:5 betragen soll, so ist dasselbe im Friedrichs-Gymnasium in den bestbeleuchteten Classen 1:6.2, sinkt in den am schlechtesten beleuchteten jedoch auf 1:6·8 herab.

Sehr viel wichtiger als das angeführte Verhältniss scheint mir jedoch dasjenige zu sein, welches zwischen Höhe der Fenster und Breite des Zimmers besteht. Dies beträgt im Friedrichs-Gymnasium nur in einer Classe, Obersecunda, 1 : 2·47, in allen anderen Classen ist es niedriger, meist bis 1 : 2·69, während man, wie wir sahen, in Frankreich 1 : 1·5 verlangt.

Besondere Einrichtungen für Ventilation sind nicht vorhanden. Die Heizung wird durch Kachelöfen bewirkt.

Sehr viel zweckmässiger ist das Leibniz-Gymnasium gebaut. Ein zweistöckiger Backsteinbau nimmt sämmtliche Schulzimmer auf, von denen keines länger als 8·85 ^{m}, breiter als 6·55 ^{m} und niedriger als 3·95 ^{m} ist. Der auf jeden Sitzplatz entfallende Luftraum ist in keiner Classe geringer als 4·1 ^{cbm}, unter Berücksichtigung der wirklich vorhandenen Schülerzahl jedoch durchweg erheblich höher und bleibt nur in drei Classen (2. und 1. Vorschulclasse und Quinta *a*) hinter dem Minimum von $4^1/_2$ ^{cbm} zurück. Dies fällt um so mehr in's Gewicht, als durch centrale Einrichtungen für Heizung (Warmwasserheizung) und Ventilation (Aspiration) in vorzüglicher Weise gesorgt ist.

Das Verhältniss zwischen Glasfläche der Fenster und Flächeninhalt des Bodens entspricht auch im Leibniz-Gymnasium den hygienischen Forderungen nicht, ist theilweise sogar ungünstiger als im Friedrichs-Gymnasium (1 : 5·8 bis 1 : 7). Das Verhältniss der Höhe der Fenster zu der Breite der Zimmer ist dagegen ein günstigeres, meist 1 : 2·6, in den beiden Primen allerdings 1 : 2·78.

Lichtmessungen.

Um ein Urtheil über die Beleuchtung der Schulzimmer zu gewinnen, habe ich in beiden Gymnasien Lichtmessungen vorgenommen. Am meisten würde sich zu denselben ein gutes Photometer, z. B. das Weber'sche, empfohlen haben. Da es mir indessen nicht darauf ankam, die absolute Lichtmenge, welche jeder Platz erhält, festzustellen, sondern nur diejenigen Plätze zu finden, welche bei ungünstiger Beleuchtung das Minimum von 10 Meterkerzen nicht erhalten, so bediente ich mich nach Cohn's Vorgange des von Weber angegebenen Raumwinkelmessers. Auf einer kreisrunden Papierfläche, welche in Quadrate von 2 mm Seitenlänge, sogenannte Quadratgrade, eingetheilt ist, werden von einer vor derselben beweglich angebrachten Convexlinse von genau 114 mm Brennweite umgekehrte Bilder der gegenüberliegenden Gegenstände entworfen. Stellt man den Apparat auf dem zu untersuchenden Platz auf, so kann man leicht erkennen, wie viel Quadratgrade von demjenigen Theile des Fensters getroffen werden, durch welches directes Himmelslicht auf den Platz fällt. Weber hat gefunden, dass auch bei geringer Helligkeit der Platz ein Licht entsprechend 10 Meterkerzen erhält, wenn die Zahl der von diesem Theile des Fensters getroffenen Quadratgrade mindestens 50 beträgt bei Oberlicht, dass diese Zahl indessen um so grösser sein muss, je schräger die Lichtstrahlen einfallen. Der Winkel, unter welchem das Licht einfällt, und der als $\sphericalangle \alpha$ bezeichnet wird, wird in der Weise in Rechnung gezogen, dass man die Zahl der gefundenen Raumwinkelgrade mit dem Sinus des $\sphericalangle \alpha$ multiplicirt.

Bei den Lichtmessungen, welche ich mit dem beschriebenen Apparate anstellte, ergab sich alsbald, dass die Maasse der Zimmer und der Fensterfläche von viel geringerer Wichtigkeit für die Helligkeit derselben sind, als die Umgebung des Hauses. In den Zimmern des Friedrichs-Gymnasiums, welche nach dem Hofe hinausliegen, befindet sich in jedem Zimmer eine ungenügend beleuchtete Zone an der dem Fenster entgegengesetzten Wand. Diese Zone ist, trotzdem die Fenster in den einzelnen Stockwerken gleich gross sind, um so schmaler, in einem je höheren Stockwerke sich das Zimmer befindet, weil da die gegenüberliegenden Häuser weniger Licht absperren als in den unteren Stockwerken. Und die nach dem Garten, einem sehr ausgedehnten Grundstücke, hinausliegenden Zimmer weisen nur in den Ecken einige ungenügend beleuchtete Plätze auf, an denen sich der Einfluss eines Nachbarhauses geltend macht.

Die Angaben berzüglich der einzelnen Classen sind in Tabelle II zusammengestellt. Es geht daraus hervor, dass nur in vier Classen jeder Platz mehr als 10 Meterkerzen erhält, während in sechs Classen

bis zu 20 Procent, in drei Classen bis zu 40 Procent, in vier Classen bis zu 60 Procent, in einer Classe sogar 77 Procent der Plätze weniger als 10 Meterkerzen Licht erhalten. Die drei dunkelsten Classen sind die beiden Sexta und eine Untertertia, Classen also, in denen gerade jüngere Knaben sich befinden. Von den sämmtlichen 1014 Plätzen des Friedrichs-Gymnasiums haben 244 = 24·1 Procent eine ungenügende Beleuchtung.

Ein ganz erheblich günstigeres Resultat hatten die Lichtmessungen im Leibniz-Gymnasium. Wie ein Blick auf die Skizzen der Grundrisse zeigt, liegen acht Classen nach der Strasse, zehn nach dem sehr geräumigen und nur mit niedrigen Bäumen bepflanzten Hofe hinaus. In den erstgenannten Zimmern machte sich die an der anderen Seite der Strasse liegende Thomaskirche störend geltend, indem trotz grosser Breite der Strasse von den Thürmen und namentlich von dem sehr umfangreichen Kuppelbau, welcher sich über dem Mittelschiff erhebt, eine Anzahl von Plätzen beschattet werden. Besonders tritt dies in dem linken Flügel des Gebäudes hervor, der der Kirche gerade gegenüber liegt. Doch sinkt nur in zwei Classen bei 16·7 Proc., in vier weiteren bei mehr als 10 Proc., in fünf anderen bei weniger als 10 Proc. der Plätze die Zahl der Raumwinkelgrade unter 50 herab, so dass von den sämmtlichen 888 Plätzen des ganzen Gymnasiums nur 59 = 6·6 Procent ungenügend beleuchtet sind. Auf den Grundrissen tritt dies in sehr anschaulicher Weise hervor. Man sieht, fast alle dunklen Plätze liegen im linken Flügel nach vorn, die anderen nach hinten und rechts vornliegenden stehen unter dem beschattenden Einflusse von Bäumen.

Auch der Grad dieser mangelhaften Beleuchtung ist in beiden Gymnasien verschieden. Im Friedrichs-Gymnasium giebt es Plätze, auf denen $3^1/_2$, 2, $1^1/_2$, $^1/_2$ Raumwinkelgrade von directem Himmelslicht getroffen werden, in vier Classen sogar nicht wenige, auf die überhaupt kein directes Himmelslicht fällt — in Sexta *a* 31, in Sexta *b* 31, in Quarta *a* 12, in Untertertia *b* 4 —, während im Leibniz-Gymnasium auf dem schlechtest beleuchteten Platze immerhin noch 30 Raumwinkelgrade, also noch $^2/_3$ des zulässigen Minimums, belichtet werden.

Diese Verhältnisse sind geeignet zu zeigen, dass es für die Beurtheilung der Helligkeit eines Zimmers weniger auf das Verhältniss zwischen Glasfläche der Fenster und Bodenfläche des Zimmers, als auf dasjenige zwischen Höhe der Fenster und Breite des Zimmers ankommt, dass aber noch wichtiger als diese beiden Werthe die Umgebung des Gebäudes — Bäume, hohe Nachbargebäude — ist, durch welche die Zimmer auch bei der freigebigsten Ausstattung mit Fenstern vollkommen verdunkelt werden können. Lehranstalten sollten daher womöglich inmitten freier Plätze

liegen, und hohe Bäume sollten in ihrer nächsten Nähe nicht geduldet werden, eine Forderung, die sich schon aus den Cohn'schen Tageslichtmessungen in Schulen ergab.[1]

An den Fenstern selbst befinden sich einige sehr ausgiebige Quellen der Beschattung, nämlich die Fensterkreuze und die Vorhänge, wie man mit dem Raumwinkelmesser in überraschender Weise zeigen kann. Die Fensterkreuze sind in beiden Gymnasien ca. 12 cm breit. Das Kreuz hat daher bei einer Höhe des Fensters von 2·28 und einer Breite von 1·18 m einen Flächenraum von 0·4 qm. Die Glasfläche der Fenster beträgt also nicht 2·69, sondern 2·29 qm. Diese vom Fensterkreuz ausgehende Beschattung fällt um so mehr in's Gewicht, als das Kreuz sich zwischen den obersten Scheiben befindet, durch die hauptsächlich das directe Himmelslicht einfällt. Die breiten Fensterkreuze aus Holz sollten daher gänzlich beseitigt und durch möglichst schmale eiserne Stäbe ersetzt werden. Auch die Vorhänge machen sich gerade deshalb so störend geltend, weil sie in aufgezogenem Zustande als dicker Wulst vor den obersten Scheiben zu hängen pflegen.

Ebenso störend sind die theilweise sehr breiten Mauerpfeiler zwischen je zwei Fenstern, welche massige Schatten in's Zimmer werfen und daher durch schmale Eisenträger ersetzt werden sollten.

Das Ideal eines Schulfensters wäre nach meiner Ansicht ein zusammenhängendes Fenster, dessen Breite der Länge des Schulzimmers entsprechen, und dessen obere Kante dicht unter der Decke liegen müsste. Da durch die unteren Scheiben in der Regel kein directes Himmelslicht fällt, so brauchte die Höhe dieses Fensters nur halb so gross zu sein wie die der jetzt gewährten Fenster. Für ein Schulzimmer von 8 m Länge, 6 m Breite und 4 m Höhe würde ich z. B. ein Fenster empfehlen, welches 7·6 m breit und 1·25 m hoch wäre, dessen Fensterfläche (9·6 qm) sich also zur Bodenfläche (48 qm) verhielte wie 1 : 5. In einem so ausgestatteten Zimmer würde es auch bei ungünstiger Umgebung nicht leicht schlecht beleuchtete Plätze geben.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zu den beiden Gymnasien zurück, so hat sich gezeigt, dass das Leibniz-Gymnasium in Bezug auf den den Schülern gewährten Luftraum, auf Ventilation, Heizung und Beleuchtung erheblich günstiger gestellt ist als das Friedrichs-Gymnasium.

Die künstliche Beleuchtung ist, wie ich bemerken möchte, in beiden gleich ungenügend, doch lege ich auf dieselbe weniger Gewicht, da der Unterricht fast ausschliesslich in den Vormittagsstunden ertheilt wird. Fünf Gasflammen in jeder Classe können jedenfalls nicht für ausreichend erachtet werden.

---

[1] A. a. O.

Subsellien.

Ich habe in beiden Gymnasien an sämmtlichen Subsellien die Maasse eigenhändig genommen. Ferner habe ich bei sämmtlichen Schülern die Körpergrösse und die Länge des Unterschenkels gemessen und aus der Körpergrösse die Länge des Oberschenkels berechnet. Sämmtliche Maasse sind in Tabelle III und IV zusammengestellt. Ein Blick auf diese Tabellen zeigt, dass die Grössen der Schüler in derselben Classe grossen Schwankungen unterliegen, besonders in den mittleren Classen, Tertia und Secunda, wo der Unterschied zwischen dem grössten und kleinsten Schüler mehrmals 47, einmal sogar 54 ^{cm} beträgt. Wollte man daher die Forderung, jedem Schüler eine körpergemässe Schulbank zu geben, streng durchführen, so würde man auf unüberwindliche Schwierigkeiten stossen. Indessen erscheinen diese Schwierigkeiten sofort geringer, wenn man einen Blick auf die Tabelle IV wirft, auf welcher die Schwankungen der Länge des Unterschenkels zusammengestellt sind. Wie man sieht, lassen sich für jede Classe drei Mittelwerthe finden, welche, wenn auch nur annähernd, allen Schülern gerecht werden, z. B. in der 3. Vorschulclasse 33, 35 und 37 ^{cm}, in Quarta 41, 43, 45 ^{cm}. Wenn man daher in jeder Classe Subsellien von drei, diesen Durchschnittswerthen entsprechenden Grössen aufstellte, so würde man dem Ideale ziemlich nahe kommen. Natürlich setzt das in bestimmten Zeiträumen wiederholte Messungen der Schüler in sämmtlichen Classen voraus.

Hiervon ist indessen weder im Friedrichs- noch im Leibniz-Gymnasium die Rede. Vielmehr befinden sich in beiden Anstalten in jeder Classe nur Bänke von einer Grösse, die allerdings in den verschiedenen Classen verschieden ist. Zu welchen Unzuträglichkeiten diese Einrichtung führen muss, sieht man aus der Tabelle ohne Weiteres. Nehmen wir z. B. die Quinta *a* vom Friedrichs-Gymnasium, so finden wir da Bänke von 48 ^{cm} Höhe. Die Länge des Unterschenkels der Schüler schwankt aber zwischen 38 und 48 ^{cm}, die Bänke sind also für mehr als 90 Procent der Schüler zu hoch. Im Leibniz-Gymnasium ist das nicht besser. Dort sind in Quinta *a* Bänke von $38^1/_2$ ^{cm} Höhe. Die Länge des Unterschenkels der Schüler schwankt zwischen 39 und 55 ^{cm}, die Bänke sind also für sämmtliche Schüler zu niedrig. Die Breite des Sitzbrettes soll bei einer körpergemässen Schulbank der Länge des Oberschenkels entsprechen. Auch dies ist in beiden Gymnasien nicht der Fall, vielmehr sind in beiden die Bänke zu schmal, im Leibniz-Gymnasium freilich in geringerem Grade als im Friedrichs-Gymnasium.

Die Subsellien im Friedrichs-Gymnasium sind zum grössten Theile für 5 bezw. 4, die Minderzahl für 3 bezw. 2 Schüler berechnet. Dass

bei Bänken von solcher Länge der Abstand zwischen Tisch und Bank, die „Distanz“, einen positiven Werth haben muss, ist klar, da andernfalls die Schüler in der Bank nicht aufstehen könnten. Allerdings giebt es normale Subsellien mit negativer Distanz, an denen beim Aufstehen Plusdistanz hergestellt werden kann. Bei ihnen können entweder die Sitze zurück geklappt, oder die Tische hochgeschoben oder aufgeklappt werden. Von solchen Einrichtungen ist indessen beim Friedrichs-Gymnasium nichts vorhanden, vielmehr ist in sämmtlichen Classen eine Plusdistanz, welche schwankt zwischen $8^1/_2$ und 22^{cm}.

Um die Anbringung von Klapp-Vorrichtungen an den Tischen oder Bänken überflüssig zu machen, welche ja leicht den Unterricht stören könnten, hat man auch vorgeschlagen, die Subsellien mit unverrückbarer Minusdistanz zu bauen, jedoch so kurz zu machen, dass nur zwei Schüler darauf sitzen können. In solchen Subsellien können die Schüler nur sitzen, während sie, wenn sie aufstehen wollen, zur Seite hinaustreten müssen. Das Leibniz-Gymnasium ist nun in sämmtlichen Classen mit solchen zweisitzigen Schulbänken ausgestattet. Allein unglücklicher Weise hat der Tischler, der die Bänke aufzustellen hatte, diesen Zweck der zweisitzigen Bank nicht gekannt und daher Bank und Tisch ebenso weit aus einander gerückt, als er es bei den langen Bänken gewöhnt war. Die Folge davon ist, dass auch im Leibniz-Gymnasium in sämmtlichen Classen eine Plusdistanz von 8 bis zu 22^{cm} vorhanden ist, genau so wie im Friedrichs-Gymnasium. Ich gestehe, dass mich diese Entdeckung auf das Peinlichste überraschte, da ich, wie gesagt, in dieser nach den neuesten Anschauungen errichteten Anstalt vollkommen zweckmässige Subsellien zu finden erwartet hatte.

Was die „Differenz“ betrifft, so ist diese in beiden Gymnasien in sämmtlichen Classen viel zu gross. Die Entfernung zwischen Sitzknorren und Ellenbogen, welche bestimmend sein soll für die Grösse der Differenz, schwankt z. B. bei den Schülern der Quinta *a* im Friedrichs-Gymnasium zwischen 18·8 und $22·7^{cm}$, während die Differenz der Bänke 28^{cm} beträgt, d. h. $9·2^{cm}$ mehr, als sie für die kleinsten, $5·3^{cm}$ mehr, als sie für die grössten Schüler der Classe betragen sollte. Die Tische sind also sämmtlich zu hoch. In Quinta *a* des Leibniz-Gymnasiums schwankt dieses Maass bei den Schülern zwischen 19·3 und $23·6^{cm}$, während die Differenz der Schulbank sich auf $26·5^{cm}$ beläuft. Letztere ist mithin $7·2^{cm}$ für die kleinsten, $2·9^{cm}$ für die grössten Schüler zu gross. Hier liegt dieser Uebelstand weniger an der zu grossen Höhe der Tische als an der zu geringen Höhe der Bänke.

Die an sich ein wenig zweckmässiger gebauten Subsellien des Leibniz-Gymnasiums sind also theils in Folge der falschen Aufstellung und der

daraus sich ergebenden Plusdistanz, theils wegen der zu geringen Höhe der Bank und der zu grossen Differenz vom hygienischen Standpunkte aus ebenso wenig annehmbar wie die veralteten Schulbänke des Friedrichs-Gymnasiums. Die Absicht, ein Gymnasium mit schlechten Subsellien und mangelhafter Beleuchtung mit einem solchen mit hygienisch richtig gebauten Subsellien und guter Beleuchtung zu vergleichen, konnte daher nur bezüglich des letzteren Punktes erreicht werden.

Untersuchungsmethode.

Die Augenuntersuchungen wurden mit Hülfe der Schweigger'schen Sehproben gemacht, ausserdem untersuchte ich jeden Schüler mit dem Augenspiegel, und zwar aus naheliegenden Gründen ohne Anwendung von Atropin oder Homatropin. Die Prüfung erstreckte sich auf Feststellung des Fernpunktes, des Nahpunktes und des Sehvermögens, und zwar für jedes Auge einzeln. Als Emmetropen wurden diejenigen Schüler angesehen, welche die Schriftprobe 6 in 6^{m}, resp. bei schlechter Beleuchtung in derselben Entfernung wie ich erkennen konnten. Als Hypermetropen wurden nicht nur die Schüler mit manifester Hyperopie, sondern auch diejenigen geführt, welche mit einem schwachen Convexglase (+ 60) in die Ferne ebenso gut oder besser sehen konnten, als mit blossem Auge. Als Myopen endlich wurden alle diejenigen angesehen, welche die Schriftprobe 6 in 6^{m} nicht erkannten, in der Nähe aber ein besseres Sehvermögen hatten und mit Hülfe von Concavgläsern auch in die Ferne besser sahen. Der Grad der Hypermetropie und Myopie wurde in allen Fällen mit Hülfe des Augenspiegels festgestellt. Dabei zeigte sich, dass eine nicht unbeträchtliche Anzahl von Schülern in Folge von Accommodationskrampf bei der Sehprüfung einen höheren Grad von Myopie zeigte, als mit dem Augenspiegel gefunden wurde. Verrechnet wurde jedoch immer nur die mit dem letzteren festgestellte Myopie. Abweichend von Cohn, der nur die Myopen mit mehr als einer Dioptrie als Myopen verrechnete, sah ich alle die Schüler als Myopen an, die ihren Fernpunkt in endlicher Entfernung hatten, so dass ich eine ganze Anzahl mit $^1/_2$ D als Myopen notirte.

Regelmässiger myopischer Astigmatismus wurde als Myopie, regelmässiger hypermetropischer Astigmatismus als Hypermetropie verrechnet.

Den Grad der Hypermetropie und die Zahl der Schüler mit Strabismus habe ich in den Tabellen nicht ersichtlich gemacht, um die Gesichtspunkte möglichst zu vereinfachen.

Der Farbensinn wurde für beide Augen zugleich geprüft. Ich be-

diente mich dabei ausschliesslich der Daae'schen Wollprobentafel,[1] die ich schon früher bewährt gefunden hatte.

Ferner notirte ich die Farbe der Augen und der Haare und nahm aus Gründen, die ich später ausführlich besprechen werde, einige Schädelmaasse. Mit Hülfe des Collin'schen Beckenmessers, eines mit einer Maasstheilung versehenen Tasterzirkels, maass ich die Breite der Stirn am oberen Rande der Augenhöhlen, zwischen den beiden vorspringenden Endpunkten der knöchernen Margines superorbitales, die Breite des Gesichts zwischen den entferntesten Punkten der Jochbögen und die Höhe des Gesichts, d. h. die senkrechte Entfernung der Lippenspalte von der Mitte zwischen beiden Augenbrauenbögen.

Endlich stellte ich die Breite und Höhe der Augenhöhle fest. Ich bediente mich dazu eines kleinen Apparates, den ich mir von Herrn C. Geffers nach dem Muster des Eulenburg'schen Aesthesiometers anfertigen liess, und der aus einem Maassstabe besteht, an dem senkrecht zu demselben zwei Elfenbeinstäbchen verschieblich angebracht sind.

Diese Untersuchungen nahmen natürlich einen beträchtlichen Zeitraum in Anspruch, so dass ich in einer Stunde in der Regel nicht mehr als sechs Schüler bewältigen konnte. Zu jedem Gymnasium musste ich daher nicht weniger als 30 Vormittage verwenden, da mir nur die Zeit von 9 bis 1 Uhr zur Verfügung stand. Die damit unvermeidlich verbundene Störung des Unterrichts wurde von den Herren Directoren und Lehrern in der liebenswürdigsten Weise in den Kauf genommen, was ich dankend hervorzuheben für meine Pflicht halte.

Um die Zahlen mit den von anderen Untersuchern gefundenen Werthen vergleichbar zu machen, habe ich bei Classen mit Parallelcöten, also von Sexta bis Untersecunda einschliesslich, immer beide Cöten zusammen als eine Classe verrechnet.

Verhalten der Kurzsichtigkeit in beiden Gymnasien.

Die Ergebnisse der Augenuntersuchungen sind auf Tabelle V nach Classen zusammengestellt.

Es zeigt sich, dass auf beiden Gymnasien die Hypermetropen in den untersten Classen am zahlreichsten sind und von Classe zu Classe gleichmässig abnehmen. Ein Unterschied zwischen beiden Gymnasien trat dabei nicht zu Tage. Was den Grad der Hypermetropie betrifft, so handelte es sich in den untersten Classen fast ausschliesslich um facultative Hyper-

[1] Dr. A. Daae, *Die Farbenblindheit und deren Erkennung.* Deutsch von Dr. Sänger. Berlin. 3. Aufl.

metropie, während in den höheren Classen mehr und mehr manifeste Hypermetropie überwog. Diese Beobachtung ist nicht neu und stimmt sehr wohl mit der Annahme überein, dass der normale Brechungszustand des kindlichen Auges der hypermetropische ist, der dann mit zunehmenden Jahren in den emmetropischen bezw. myopischen übergeht. Die von mir gefundenen Zahlen der Hypermetropen bleiben übrigens bedeutend hinter denen anderer Untersucher, wie Erismann, Conrad u. A. zurück.

Die Myopen verhalten sich gerade umgekehrt wie die Hypermetropen. Ihre Zahl ist in beiden Gymnasien am geringsten in der 3. Vorschulclasse und nimmt von Classe zu Classe zu. Aber die Art des Zunehmens ist verschieden. Die Curve des Friedrichs-Gymnasiums ist bis Untertertia erheblich steiler als diejenige des Leibniz-Gymnasiums, d. h. die Zunahme der Myopie geht auf dem letzteren Gymnasium langsamer vor sich. In Obertertia aber kehrt sich das Verhältnis plötzlich um, und von da ab bleibt die Curve des Friedrichs-Gymnasiums dauernd unter derjenigen des Leibniz-Gymnasiums. In beiden Gymnasien liegt das Maximum der Myopie in Obersecunda, dasselbe beträgt jedoch im Leibniz-Gymnasium 72·2 Procent, während es im Friedrichs-Gymnasium nur 61·8 Procent erreicht. Trotz dieses ungünstigen Procentsatzes in den höheren Classen ist das Leibniz-Gymnasium im Ganzen günstiger gestaltet als das Friedrichs-Gymnasium und hat nur 32·2 Procent Myopen unter den Schülern, während das Friedrichs-Gymnasium 36 Procent erreicht.

Es giebt bekanntlich eine nicht geringe Anzahl von Menschen, bei denen das eine Auge einen anderen Brechungszustand hat als das andere. Gewöhnlich ist das eine Auge myopisch, das andere emmetropisch, oder das eine emmetropisch, das andere hypermetropisch, doch kommt es auch ausnahmsweise vor, dass das eine myopisch, das andere hypermetropisch ist. Diese „Anisometropen" habe ich als Myopen verrechnet, wenn sie auf einem Auge kurzsichtig waren, auch wenn das andere hypermetropisch war; als Hypermetropen nur dann, wenn das nicht hypermetropische Auge emmetropisch war. Wenn man nun nicht den Brechungszustand der Schüler als solcher, sondern denjenigen der einzelnen Augen berücksichtigt, so erleiden die Curven eine Aenderung, welche um so grösser ist, je grösser die Zahl der Anisometropen wird. Dies tritt auf Curve VI sehr anschaulich zu Tage, auf der naturgemäss der Procentsatz der hypermetropischen bezw. myopischen Augen geringer, derjenige der emmetropischen Augen dementsprechend grösser erscheint als auf Curve V. Die Curven der Hypermetropen und Myopen sind daher etwas niedriger, gleichen aber denen der Curve V im Uebrigen fast vollständig, ein stärkerer Unterschied zwischen beiden Gymnasien tritt nicht zu Tage.

Grad der Kurzsichtigkeit.

Die Thatsache, dass die Myopen von Classe zu Classe nicht nur der Zahl, sondern auch dem Grade der Kurzsichtigkeit nach zunehmen, geht hervor aus Tabelle VII, in der ich die Anzahl der Dioptrien sämmtlicher Augen angegeben und daraus die durchschnittliche Kurzsichtigkeit der Schüler der einzelnen Classen berechnet habe. Und zwar habe ich sämmtliche Dioptrien zusammengezählt und durch Theilung der gefundenen Zahl mit der Zahl der Myopen die durchschnittliche Kurzsichtigkeit jedes Myopen, und durch Division der Zahl mit der Zahl aller Schüler die durchschnittliche Kurzsichtigkeit jedes Schülers überhaupt berechnet. Eine Betrachtung der Tabelle VII zeigt sofort, dass die durchschnittliche Kurzsichtigkeit jedes Myopen nicht regelmässig ansteigt von Classe zu Classe. Dies beruht darauf, dass sich schon bei ganz jungen Knaben schwerere Grade der Myopie finden, durch die bei der geringeren Zahl der Myopen in den Unterclassen die Durchschnittskurzsichtigkeit stärker beeinflusst wird, als dies in den höheren, an Myopen reicheren Classen der Fall ist.

Die durchschnittliche Kurzsichtigkeit jedes Schülers dagegen zeigt eine recht gleichmässige Zunahme im Friedrichs-Gymnasium, während im Leibniz-Gymnasium die anfangs langsam ansteigende Curve in Obertertia ein explosionsartiges Emporschnellen erfährt. Die günstigere Stellung des letztgenannten Gymnasiums tritt hier aber noch deutlicher zu Tage als auf den Curven V und VI. Und während in Oberprima die Zahl der Myopen im Leibniz-Gymnasium grösser ist als im Friedrichs-Gymnasium, ist trotzdem dem Grade der Kurzsichtigkeit nach das letztere Gymnasium ungünstiger gestellt. Vertheilt man die Gesammtzahl der Dioptrien auf die Gesammtzahl der Schüler, so ist die durchschnittliche Kurzsichtigkeit eines Schülers des Leibniz-Gymnasiums 0·69 D, diejenige eines Schülers des Friedrichs-Gymnasiums dagegen 0·85 D, Zahlen, die sich zu einander verhalten wie 4:5.

Verhältniss der Kurzsichtigkeit zum Lebensalter.

Die Schüler derselben Classen sind häufig von sehr verschiedenem Lebensalter. Die einen treten früh, die anderen später in die Schule ein, begabte steigen schnell in die höheren Classen empor, während beschränkte oder träge Knaben in den einzelnen Classen übermässig lange sitzen bleiben. Ein richtiges Urtheil über die zunehmende Kurzsichtigkeit bekommt man daher eigentlich nur, wenn man der Berechnung nicht die Classen, sondern das Lebensalter zu Grunde legt. Dies habe ich auf Tabelle VIII gethan, indem ich aus den einzelnen Classen die gleich-

alterigen Schüler zusammenrechne. Die Ergebnisse dieser Berechnung sind auf Curve VIII zur Anschauung gebracht, auf der sich die unterbrochenen Linien auf das Leibniz-Gymnasium beziehen.

Ein Blick auf diese Tafel zeigt, dass im Leibniz-Gymnasium die Curve der Hypermetropen fast durchweg höher bleibt und langsamer abfällt, die Curve der Myopen dagegen, abgesehen von einer Steigerung im 7. bis 8. Jahre, langsamer ansteigt als im Friedrichs-Gymnasium. Erst vom 14. bis 15. Jahre ab, dem Beginn der Pubertätsentwickelung, steigt die Curve der Myopen in jenem Gymnasium steiler an als in diesem, während gegen Ende der Schulzeit die Curven beider Gymnasien in Folge der geringen Zahlen der in Betracht kommenden jungen Leute ganz unregelmässig und kaum noch vergleichbar werden. In den jungen Jahren scheinen es also wesentlich äussere Verhältnisse zu sein, durch welche die Entstehung der Myopie begünstigt wird, schlechte Beleuchtung, schlechte Subsellien, daher stärkere Convergenz u. s. w., während sich von dem Eintritt der Pubertät ab im Wachsthum bedingte, innere Momente geltend machen. Daher in den unteren Classen des gut beleuchteten Leibniz-Gymnasiums weniger Myopen als in den entsprechenden Classen des dunkleren Friedrichs-Gymnasiums, während in den höheren Classen beide Gymnasien annähernd gleich ungünstig gestellt sind. Freilich bin ich mir wohl bewusst, dass die Kleinheit der Zahlen mich nicht zu einem endgültigen Urtheile berechtigt.

Verhältniss der Kurzsichtigkeit zum Schulalter.

Dass diese Deutung jedoch nicht ganz unrichtig sein kann, lehrt ein Blick auf Tabelle IX, in welcher ich den Brechungszustand der Schüler nach ihrem Schulalter verrechnet habe. Wenn die Schule einen Einfluss auf Entstehung der Kurzsichtigkeit hat, so wird die Grösse desselben am Deutlichsten zu Tage treten, wenn man die Zeit berücksichtigt, seit welcher die Schüler den Einflüssen der Schule ausgesetzt gewesen sind. Ich habe daher auf Tafel IX aus den sämmtlichen Classen diejenigen Schüler zusammengestellt, welche gleich lange auf der Schule waren. Allerdings würde ein ganz zutreffendes Resultat nur zu gewinnen gewesen sein, wenn nur die Zeit berücksichtigt worden wäre, welche die Schüler in einer und derselben Lehranstalt zugebracht haben. Allein in einer grossen Stadt, wie Berlin, pflegt ein nicht geringer Bruchtheil der Schüler die Anstalt ein- und selbst mehrmals zu wechseln, so dass ein derartiger Versuch sich als nicht durchführbar erwies. Es konnte daher nur der erste Eintritt in den Unterricht der Berechnung der Schulzeit zu Grunde gelegt werden. Dabei wurde die Zeit, während deren die Schüler nur Privatunterricht genossen hatten, nicht mit eingerechnet.

Curve IX zeigt nun eine in der That überraschende Aehnlichkeit mit Curve VIII, d. h. in den ersten beiden Dritteln der Schulzeit sind im Leibniz-Gymnasium mehr Hypermetropen und weniger Myopen als im Friedrichs-Gymnasium, während im letzten Drittel das umgekehrte Verhältniss obwaltet, insoweit bei der Kleinheit der hier in Betracht kommenden Zahlen noch von einer Vergleichbarkeit derselben die Rede sein kann.

Als Ergebniss meiner vergleichenden Untersuchungen stellt sich also heraus:

1) Der Einfluss der Subsellien auf die Entstehung der Kurzsichtigkeit konnte nicht festgestellt werden, da in beiden von mir untersuchten Gymnasien fehlerhafte Subsellien vorhanden waren.

2) In dem besser gebauten und heller erleuchteten Leibniz-Gymnasium war die Zunahme der Myopie in den unteren Classen der Zahl, in den oberen nur dem Grade nach geringer als in dem in dieser Beziehung ungünstiger eingerichteten Friedrichs-Gymnasium.

Ausser auf den Schulaufenthalt wird die Kurzsichtigkeit noch auf eine Reihe von anderen Verhältnissen zurückgeführt, unter denen die Nationalität, der Schädelbau, die Erblichkeit und das Geschlecht die wichtigsten sind. Soweit es mir möglich war, habe ich versucht diese einzelnen Factoren bezüglich ihres Einflusses auf die Kurzsichtigkeit zu prüfen.

Einfluss der Nationalität auf Entstehung der Myopie.

Werfen wir einen Blick in die schon mehrfach angeführte Cohn'sche Tabelle, so treten uns erhebliche Unterschiede in den Procentzahlen der kurzsichtigen Schüler in verschiedenen Ländern entgegen.

Ziehen wir nur die höheren Schulen zum Vergleiche heran, so finden wir in deutschen Gymnasien: in Rostock 31 Procent (Thilenius, 1868), in Breslau (Cohn, 1870) 35 bis 51 Procent, in Frankfurt a. M. 34 Procent (Krüger, 1873), in Wiesbaden 38 Procent (v. Hoffmann, 1873), in Wien 42 bis 52 Procent (v. Reuss, 1874), in Erlangen 55 Procent (Scheiding, 1876), in Hamburg 38 Procent (Kotelmann, 1877), in Heidelberg 35 Procent (Becker, 1877), in Zittau 48 Procent (Just, 1879), in Dresden 49 Procent (Haenel, 1878), in Coburg 49 Procent (Florschütz, 1880), in Darmstadt 44 Procent (Weber, 1881).

Will man ausländische Schulen mit den unsrigen vergleichen, so darf man freilich nicht vergessen, dass die sich ergebenden Verschiedenheiten in den Zahlen der Myopen nur mit Vorsicht zu beurtheilen sind, da sich schwer beurtheilen lässt, inwieweit die Anforderungen, welche an die Schüler gestellt werden, in den verschiedenen Ländern sich decken. Wirklich verwerthbare Schlüsse auf den Einfluss der Nationalität auf die Ent-

stehung der Kurzsichtigkeit wären meiner Ansicht nur möglich, wenn man Kinder der verschiedenen Völker gleich lange in den gleichen Raum-, Beleuchtungs- und Sitzverhältnissen und in derselben Weise unterrichten könnte.

Mit dieser Reserve betrachtet, verlieren die in der Cohn'schen Tabelle zusammengestellten Ergebnisse ausländischer Untersuchungen einen grossen Theil ihres Vergleichswerthes.

Loring und Derby fanden 1876 in New-York in der höchsten Schule 27 Procent, Williams 1877 in Cincinnati 16 Procent, Derby 1877 in Boston 28 bis 29 Procent, also recht beträchtlich geringere Zahlen, als wir in Deutschland zu finden gewohnt sind. Loring und Derby fanden unter den Kindern deutscher Eltern 24 Procent, unter denen amerikanischer Eltern 20 Procent, unter denen irischer Eltern nur 14 Procent Myopen.

Aus der Schweiz liegen Untersuchungen vor von Ott und Ritzmann in Schaffhausen, die 1874 im dortigen Gymnasium 44 Procent Myopen fanden, während Pflüger 1876 in Luzern 52 Procent, Emmert 1877 im Lorbergymnasium Bern 21 Procent, im Gymnasium Burgdorf 10 Procent, im Gymnasium Solothurn 23 Procent als kurzsichtig erkannte, Unterschiede, die man wohl versucht sein möchte, auf eine verschiedene Betheiligung der in der Schweiz durch einander wohnenden germanischen und gallischen Rasse zurückzuführen, umsomehr, als Untersuchungen aus Frankreich vorliegen, welche die Franzosen als weniger disponirt zur Kurzsichtigkeit erscheinen lassen als die Deutschen. Z. B. fand Dor 1878 im Lyceum in Lyon nur 22 Procent Myopen.

Erismann untersuchte 1871 in Petersburg 2534 russische und 1834 deutsche Schüler und fand unter den Ersteren 34 Procent, unter den Letzteren 24 Procent Kurzsichtige, Reich in Tiflis fand 1878 unter den Russen 30 Procent, den Armeniern 38 Procent, den Georgiern 45 Procent Myopen.

So wenig wirklich vergleichbar diese Zahlen sind, so sind die Unterschiede doch gross genug, um den Gedanken an einen Einfluss der Nationalität zu rechtfertigen. Dor in Bern, neuerdings besonders Stilling in Strassburg legen denn auch diesem Umstande eine grosse Bedeutung bei, der Letztere[1] geht sogar soweit, zu behaupten, dass „die Myopie aller Wahrscheinlichkeit nach eine ganz entschiedene Rassenfrage ist".

Bei meinen Untersuchungen in Berlin, einer Stadt mitten im Herzen Deutschlands, deren Bevölkerung sich ausserdem in den letzten 20 Jahren durch Zuzug aus allen Provinzen verdreifacht hat, war eine Lösung des

[1] Dr. J. Stilling, *Schädelbau und Kurzsichtigkeit.* Wiesbaden 1888. 8°. S. 29.

Einflusses der Nationalität auf Entstehung der Kurzsichtigkeit nicht möglich. Dagegen lag es nahe zu prüfen, ob die Schüler jüdischer Abstammung sich anders verhielten als die germanischen, ein Versuch, der umsomehr versprach, als 35·5 Procent sämmtlicher Schüler des Friedrichs-Gymnasiums und 14·7 Procent der Schüler des Leibniz-Gymnasiums Israeliten waren.

Das Ergebniss der diesbezüglichen Untersuchung habe ich in Tabelle X ersichtlich gemacht. Es zeigt sich, dass auf dem Friedrichs-Gymnasium von den Juden 40·6 Procent, von den Germanen 33·5 Procent, auf dem Leibniz-Gymnasium von Ersteren dagegen nur 27 Procent, von den Letzteren 34·5 Procent Myopen waren. Die Juden sind also auf dem schlechter beleuchteten Gymnasium erheblich stärker, auf dem besser beleuchteten schwächer an der Kurzsichtigkeit betheiligt als die Germanen. Nimmt man beide Gymnasien zusammen, so findet sich, dass von den 367 jüdischen Schülern 36·5 Procent, von den 1023 germanischen dagegen nur 348 = 34·0 Procent myopisch waren. Will man diesen allerdings nicht gerade bedeutenden Unterschied als solchen gelten lassen, so scheinen in der That die Juden stärker zur Kurzsichtigkeit zu neigen. Dies geht auch aus anderen Untersuchungen hervor. So fand Nicati in Marseille in der Knaben-Primärschule 8 Procent, in der israelitischen Knabenschule dagegen 15 Procent Kurzsichtige.

Ein Blick auf Tabelle X zeigt, dass die stärkere Neigung der Juden zur Kurzsichtigkeit besonders in den unteren Classen zu Tage trat, während in den oberen, mit Ausnahme von Oberprima, die Zahl der Nichtjuden unter den Myopen überwog.

Eine Erklärung für dieses eigenthümliche Verhalten möchte vielleicht darin zu suchen sein, dass der Orientale sich körperlich sowohl wie geistig früher entwickelt als der Germane und daher etwaigen auf den Bau des Auges einwirkenden Momenten früher unterliegen muss als dieser. Dies trifft auch bezüglich des Grades der Kurzsichtigkeit zu. Aus Tabelle X, in der ich die Myopen nach der Anzahl der Dioptrien zusammengestellt habe, geht hervor, dass ich die höchsten Grade von Kurzsichtigkeit — über acht Dioptrien, Fernpunkt näher als 12.5 cm — bei Juden früher beobachtete als bei Nichtjuden, und dass im Ganzen die höheren Grade — über vier Dioptrien, Fernpunkt näher als 25 cm — bei Juden häufiger waren als bei Nichtjuden.

Die Bevölkerung Berlins ist in Folge des gewaltigen Wachsthums, welche diese Stadt in den letzten Jahrzehnten erfahren hat, und des fortwährenden Zuzuges, welcher dorthin stattfindet, keine gleichmässige, während die Landbevölkerung der Mark Brandenburg aus einer Vermischung von Deutschen und Wenden, einem slavischen Volksstamme,

hervorgegangen ist. Immerhin glaubte ich den Versuch machen zu sollen Rassenunterschiede zu finden. Vielleicht verhielten sich die Schüler mit dunklen Augen und dunklem Haare, in denen noch wendisches Blut vorhanden sein mochte, anders zur Myopie als die Schüler mit blauen Augen und blondem Haare, die also den „germanischen Typus“ zeigten.

Bei der Untersuchung notirte ich bei den Augen blau, grau und braun, bei den Haaren hellblond, dunkelblond, roth, braun und schwarz. Es stellte sich indessen bald als zweckmässiger heraus, nur helle und dunkle Farben zu unterscheiden. Schüler mit grauen Augen rechnete ich zu den hellen, wenn sie blondes, zu den dunklen, wenn sie braunes oder schwarzes Haar hatten. Als hell verrechnete ich hell- und dunkelblondes, als dunkel braunes und schwarzes Haar, Schüler mit rothem Haar zählte ich zu den hellen, wenn sie blaue, zu den dunklen, wenn sie braune Augen hatten.

Auf diese Weise habe ich, wie ein Blick auf Tabelle XI zeigt, bei Eintheilung der Schüler nach der Farbe der Augen fast genau dieselben Zahlen erhalten wie bei Wahl der Haare als Unterscheidungsmerkmal. Dennoch decken sich dieselben nicht ganz, da sie nicht genau dieselben Schüler betreffen. Die Mehrzahl der Schüler mit blauen Augen hat allerdings auch blondes Haar, doch ist die Zahl der helläugigen Knaben mit dunklem Haar und umgekehrt nicht gering. Besonders auffallend war mir die grosse Zahl jüdischer Knaben mit wasserblauen Augen und rabenschwarzem Haare.

Ein Blick auf die Curven zu Tabelle XI a lehrt denn auch, dass die Zunahme der Myopie unter den helläugigen Knaben sich mit derjenigen unter den blondhaarigen durchaus nicht deckt. Die Curven der hell- und der dunkeläugigen Schüler gehen in unregelmässigem Zickzack durcheinander, und von sämmtlichen helläugigen Knaben sind 33·7 Procent, von den dunkeläugigen 33·8 Procent Myopen, beide verhalten sich also annähernd gleich. Anders ist es mit dem Haare. Hier zeigt sich sofort, dass der blonde Typus früher und in stärkerem Grade der Kurzsichtigkeit anheimfällt als der dunkle, so dass von sämmtlichen hellhaarigen Schülern 34·5 Procent, von den dunkelhaarigen nur 32·8 Procent Myopen waren. Ob die Unterschiede zwischen diesen Zahlen, die sich zu einander verhalten wie 20 : 21, gross genug sind, um die Annahme eines Rassenunterschiedes zulässig erscheinen zu lassen, mag dahingestellt bleiben.

Uebrigens tritt auch unter den jüdischen Schülern bei den hellen eine stärkere Neigung zur Myopie hervor als bei den dunklen. Von den helläugigen Juden waren 37·8 Procent, von den dunkeläugigen nur 37·3 Procent; von den hellhaarigen 43·4 Procent, von den dunkelhaarigen nur 36·4 Procent kurzsichtig.

Kurzsichtigkeit und Schädelbau.

Die Beziehungen der Myopie zum Schädelbau sind von Emmert,[1] neuerdings besonders von Stilling eingehend geprüft worden. Namentlich haben die Untersuchungen von Stilling[2] berechtigtes Aufsehen erregt, da sie zu dem Ergebnisse gelangt sind, dass dem Schädelbau der Hauptantheil an der Entstehung der Kurzsichtigkeit gebührt.

„Wenn es richtig ist,“ sagt Stilling,[3] „dass die durch Nahearbeit erzeugte Myopie durch Wachsthum unter Muskeldruck zu Stande kommt, wenn es ferner richtig ist, dass zwar sämmtliche Augenmuskeln dabei betheiligt sind, der Obliquus superior jedoch die bestimmende Rolle zu spielen hat, so müssen sich auch in der Formation der Orbita die Bedingungen nachweisen lassen, unter welchen die Sehne des Obliquus eine Compression des Auges ausübt, in Folge deren der Längsdurchmesser vergrössert wird.“

„Es ist klar, dass ein solcher Verlauf der Sehne des Muskels in erster Linie von der Höhe der Trochlea abhängen muss.“

Nun soll die Trochlea in der Regel ungefähr 5^{mm} tiefer liegen als die Incisura supraorbitalis, diese wieder in der Regel 2 bis 3^{mm} tiefer als die Mitte des oberen Orbitalrandes, so dass es also im Wesentlichen auf die Höhe der Orbita ankommt. Stilling schliesst daher, „dass die Orbita der Myopen im Grossen und Ganzen niedriger und breiter, die der Emmetropen und Hypermetropen hingegen höher und schmäler sein muss.“ Nach Kollmann's Vorgange bezeichnet Stilling den Quotienten aus der grössten Breite und der grössten Höhe der Orbita als „Orbitalindex“ und behauptet, dass „Chamäkonchie“ (niederer Orbitalindex bis durchschnittlich 85) die Bedingung der Myopie, die „Hypsikonchie“ (hoher Orbitalindex über 85 bis 100) die der Hypermetropie resp. Emmetropie sei.

Der Bau der Orbita hängt nun im Wesentlichen von dem Verhalten des Jochbeins, des Nasenbeins und des Oberkieferbeins, d. h. vom Bau des Gesichtsschädels, ab. Nach dem Vorgange von Kollmann unterscheidet Stilling „Chamäprosopen“ — Breitgesichter und „Leptoprosopen“ — Schmalgesichter und behauptet: „die Breitgesichtigkeit disponirt zur Myopie, die Schmalgesichtigkeit zur Hypermetropie.“ Bei seinen zahlreichen Messungen an den Schädeln von Erwachsenen und Schülern fand er nämlich niedrigen „Stirnindex“ und niedrigen „Gesichtsindex“ bei

---

[1] Dr. E. Emmert, *Auge und Schädel.* Berlin 1880. 8⁰.

[2] Dr. J. Stilling, *Untersuchungen über die Entstehung der Kurzsichtigkeit.* Wiesbaden 1887. 8⁰.

[3] A. a. O. S. 1.

Myopen, hohen „Stirn"- und hohen „Gesichtsindex" bei Emmetropen und Hypermetropen.

Unter „Stirnindex" versteht Stilling den Quotienten aus Höhe des Gesichts — Entfernung zwischen der Mitte der Augenbrauen und der Mundspalte — und Breite der Stirn hinter dem oberen Augenhöhlenrande; unter „Gesichtsindex" den Quotienten aus Höhe des Gesichts und Breite desselben zwischen den entferntesten Punkten der beiden Jochbögen.

Für diese von ihm gefundene Beziehung zwischen Bau des Gesichtsschädels und Brechungszustand des Auges beanspruchte Stilling die Gültigkeit eines „Naturgesetzes".

Es konnte nicht ausbleiben, dass die Ergebnisse dieser Untersuchungen bei Laien, besonders in Lehrerkreisen Aufsehen erregten. Alle hygienischen Anforderungen an den Bau und die Einrichtung der Schule erschienen ja nun als überflüssig, Stilling[1]) erklärte ja selbst, „dass die Erkenntniss, dass im Wesentlichen die Disposition zur Kurzsichtigkeit in dem Knochenbau der Augenhöhle und weiterhin des Gesichtsschädels zu suchen ist, die höheren Schulen von den ihnen gemachten Vorwürfen entlasten würde durch den Nachweis, dass die eigentliche Ursache nicht in der Nahearbeit als solcher, sondern in den präexistirenden Verhältnissen des Schädelbaues zu suchen sei, dass auch bei mässiger Nahearbeit diejenigen myopisch werden müssen, die durch Chamäkonchie und weiterhin Chamäprosopie dafür prädestinirt." —

Natürlich blieben Nachprüfungen und Widerspruch nicht aus.

Der erste, der die Orbitalmessungen an Schülern wiederholte, war Schmidt-Rimpler[2]). Er fand bei 722 emmetropischen und hyperopischen Augen einen Orbitalindex von 94·4, bei 577 myopischen einen solchen von 94·5, also bei letzteren Augen sogar einen höheren Orbitalindex. Zu ähnlichen Resultaten kam Weiss. Und auch Baer hat sich in seiner im vorigen Jahre in München erschienenen Dissertation, deren ich zu meinem Bedauern nicht habhaft werden konnte, gegen die Stilling'sche Theorie ausgesprochen.

Ich habe, wie ich Eingangs erwähnte, bei sämmtlichen Schülern den Orbital-, den Gesichts- und Stirnindex auf Grund sorgfältiger genau nach Stilling's Vorschrift gemachter Messungen berechnet.

Ohne zunächst auf die Voraussetzung Stilling's, dass der Druck auf das Auge hauptsächlich durch den oberen schrägen Augenmuskel bewirkt wird, näher einzugehen, will ich die Frage prüfen, ob in der That das

---

[1] A. a. O. S. 39.

[2] *Sitzungsberichte der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg.* 1889. Nr. 1.

myopische Auge sich in der Regel in einer niedrigeren und breiteren Augenhöhle befindet als das emmetropische oder das hypermetropische.

Auf Tabelle XII. 1 habe ich die sämmtlichen Orbitalindices der Schüler in beiden Gymnasien zusammengestellt. Es sind 2776, von denen 277 hypermetropische, 1647 emmetropische und 852 myopische Augen betreffen. Ein Blick auf die Tabelle lehrt sofort, dass Indices über 100 äusserst selten sind, ich fand deren nur 3, zufällig bei Emmetropen. Der niederste Orbitalindex war zwischen 76 und 77 und fand sich zufällig bei hypermetropischen Augen. Unterscheiden wir nun, ebenso wie Stilling, niedere Indices (bis 85), mittlere (bis 95) und hohe (über 95), so ergiebt sich Folgendes:

Von den 277 hypermetropischen Augen hatten einen niederen Orbitalindex 24 = 8·7 Procent, einen mittleren 150 = 54·1 Procent, einen hohen 103 = 37·2 Procent derselben.

Von den 1647 emmetropischen Augen hatten einen niederen Orbitalindex 94 = 5·7 Procent, einen mittleren 861 = 53·0 Procent, einen hohen 692 = 41·3 Procent derselben.

Von den 852 myopischen Augen hatten einen niederen Orbitalindex 37 = 4·3 Procent, einen mittleren 538 = 63·1 Procent, einen hohen 272 = 32·6 Procent.

Also die grösste Anzahl niederer Orbitalindices hatten nicht die myopischen, sondern die hyperopischen Augen, während allerdings die wenigsten hohen Indices bei den myopischen Augen gefunden wurden. Jedenfalls kommen, wie ein Blick auf die Tabelle zeigt, auch bei Myopen die höchsten, bei Emmetropen und Hypermetropen die niedrigsten Orbitalindices vor, so dass wir wohl berechtigt sind, den Ausspruch Stillings, dass die „Chamäkonchie“ die Bedingung der Myopie sei, für irrig zu erklären.

Allein die Frage ist zu wichtig, als dass wir sie so einfach erledigen dürften. Man darf ebenso wenig wie bei Betrachtung der Myopie überhaupt so bei derjenigen der Indices alle Schüler zusammenwerfen, sondern muss sich erinnern, dass die Schüler der verschiedenen Classen einem verschiedenen Lebensalter angehören, deren Knochenbau sich in einem verschiedenen Entwickelungszustande befindet. Man darf daher nur die Schüler desselben Alters, allenfalls derselben Classe mit einander vergleichen. Das Letztere habe ich auf Tabelle XII. 4 gethan. Ich habe für jede Classe die gefundenen Werthe der hyperopischen, emmetropischen, myopischen Orbitalindices, jede für sich zusammengezählt und durch Theilung mit der Zahl der untersuchten Augenhöhlen den durchschnittlichen Orbitalindex berechnet. Aus diesen drei Werthen habe ich hinwiederum den durchschnittlichen Orbitalindex für sämmtliche Augenhöhlen der ein-

zelnen Classen festgestellt. Das Ergebniss dieser Rechnung (siehe Curve XII. 4. a) ist so überraschend, dass es sich verlohnt, mit einigen Worten darauf einzugehen. Ein Blick auf diese Curve zeigt nämlich, dass der Orbitalindex am niedrigsten in den untersten Classen ist und etwa bis zum Eintritt der Pubertät ziemlich gleichmässig zunimmt, um dann allmählich wieder niedriger zu werden. Diesen Verlauf zeigt nicht nur die blaue Curve der Hypermetropen und die schwarze der Emmetropen, sondern auch die rothe der Myopen. Ich glaube daher berechtigt zu sein, Stilling's weitere Behauptung, dass man aus dem niederen Orbitalindex eines jungen Knaben ihm die künftige Myopie voraussagen könne, gleichfalls für nicht zutreffend zu erklären.

Die Curve lehrt aber ferner, dass der Durchschnitt der myopischen Orbitalindices in sämmtlichen Classen niedriger ist als derjenige der emmetropischen, während die hyperopischen Indices eine gänzlich unregelmässige Curve bilden. Nach Stilling sollen auch die Letzteren erheblich höher sein als die myopischen. Der durchschnittliche Orbitalindex sämmtlicher emmetropischen Augen ist 93·6, derjenige sämmtlicher hypermetropischen 92·8, endlich derjenige sämmtlicher myopischen 92·7.

Werthvolle Aufschlüsse über die Bedeutung des Orbitalindex für Entstehung der Kurzsichtigkeit durfte man von den Orbitalmessungen bei Anisometropen erwarten. Schmidt-Rimpler nahm dieselben vor bei 49 derartigen Personen und fand bei den emmetropischen bezw. hyperopischen Augen einen durchschnittlichen Orbitalindex von 92, bei den myopischen einen solchen von 91·2, also eine Differenz von 0·8 zu Ungunsten der myopischen Augen.

Unter den 1390 von mir untersuchten Schülern befanden sich, wie aus Tabelle XII. 5 hervorgeht, 157 Anisometropen. Von ihnen waren 43 auf dem einen Auge hyperopisch, auf dem anderen emmetropisch; 9 auf dem einen hypermetropisch, auf dem anderen myopisch; 105 auf dem einen myopisch, auf dem anderen emmetropisch. Trotz dieser Brechungsunterschiede fand ich die Orbitalindices beider Augen gleich bei 130 = 82·8 Procent, also bei mehr als $^4/_5$ der Anisometropen. Das hyperopische Auge hatte bei 7 Schülern einen höheren, bei 4 einen niedrigen Orbitalindex als das emmetropische bezw. myopische Auge. Das myopische Auge hatte bei 4 Schülern einen höheren, bei 15 einen niedrigeren Orbitalindex als das hyperopische bezw. emmetropische Auge. Von den sämmtlichen 114 Schülern mit einem myopischen Auge hatten also nur 15 = 13·2 Procent derselben auf der dem myopischen Auge entsprechenden Seite einen niedrigeren Orbitalindex, während bei 95 Schülern = 83·3 Procent das myopische Auge denselben, bei 4 = 3·5 Procent sogar einen höheren Orbitalindex hatte als das emmetropische bezw. hyperopische Auge. Dass

das Vorhandensein eines niedrigen Orbitalindex die Bedingung für die Entstehung der Kurzsichtigkeit sein sollte, geht also auch hieraus in keiner Weise hervor.

Das aber ergeben meine Messungen, wie ich meine, unzweifelhaft, dass in der That mehr Myopen eine niedrigere Orbita haben als Emmetropen, nicht dagegen, dass sie bei jenen niedriger zu sein pflegt als bei Hypermetropen.

Es fragt sich nun, wie sollen wir das erklären?

Ich meine gezeigt zu haben, dass bei allen Kindern die Höhe der Orbita verhältnissmässig geringer ist als die Breite. Mit zunehmendem Alter wachsen beide Maasse, so jedoch, dass die Höhe etwas mehr zunimmt als die Breite, so dass der Orbitalindex mit zunehmendem Alter höher wird. Mit Eintritt der Pubertät tritt wieder das Wachsthum in die Breite mehr hervor, und der Orbitalindex nimmt nun wieder etwas ab. Bei einer grossen Reihe von Augenhöhlen nimmt zwar auch die Höhe und Breite allmählich zu, aber die erstere bleibt früher und stärker hinter der Breite zurück, als dies sonst der Fall ist. Diese Unregelmässigkeit des Knochenwachsthums scheint bei den Hypermetropen am häufigsten zu sein, und bei ihnen die Orbita einmal zu sehr in die Breite, bei anderen zu wenig in die Höhe sich zu entwickeln. Die Folge von Beidem ist ein niedriger Orbitalindex. Als Beispiel hierfür möchte ich einen Anisotropen anführen, dessen myopische Orbita 30 ^{mm} hoch, 31 ^{mm} breit, dessen emmetropische dagegen 30 ^{mm} hoch und 32 ^{mm} breit ist, und der in Folge dessen auf dem emmetropischen Auge einen niedrigeren Orbitalindex hat als auf dem myopischen, obwohl beide Augenhöhlen gleich hoch sind. Nächst den Hyperopen findet sich diese abweichende Entwickelung der Orbita am häufigsten bei den Myopen.

Will man die Augenmuskeln an der Entwickelung des Knochenbaues betheiligt sein lassen, so könnte man sich dies vielleicht in folgender Weise vorstellen. Die vier geraden Augenmuskeln entspringen in der Tiefe der Augenhöhle von der Umgebung des Foramen opticum und können daher bei ihren Contractionen eine Abflachung des Augapfels, den sie von allen Seiten umgeben, und somit eine Verlängerung der Augenaxe bewirken, jedoch keinen Einfluss auf die Gestaltung der Augenhöhle ausüben, während man sich dies von den beiden schrägen Augenmuskeln allenfalls vorstellen könnte. Der untere schräge Augenmuskel nämlich entspringt am inneren Ende des unteren Augenhöhlenrandes, der obere nimmt zwar in der Tiefe der Augenhöhle seinen Ursprung, aber seine Endsehne geht, bevor sie sich an das Auge anheftet, durch einen faserknorpeligen Halbring hindurch, welcher an einem kleinen Einschnitt am oberen Augenhöhlenrande befestigt ist. Diese beiden Muskeln werden daher, wenn sie sich zusammenziehen, nicht

nur auf das Auge bewegend einwirken, sondern, da dieses durch die geraden Augenmuskeln fixirt ist, zugleich einen Zug auf ihre Ursprungs- bezw. Ansatzstellen, also den unteren und oberen Augenhöhlenrand ausüben müssen. Dass in der Kindheit und bis zur Vollendung des Knochenwachsthums ein häufig und anhaltend stattfindender derartiger Zug zu einer Annäherung dieser beiden Ränder, d. h. zu einer Beeinträchtigung des Höhenwachsthums der Orbita beitragen kann, ist nicht undenkbar. Dass dieser selbe Muskelzug auch zur Abflachung des Auges, d. h. zur Entstehung der Kurzsichtigkeit führen kann, dass er aber durchaus nicht dazu führen muss, ist gleichfalls klar.

Diese Deutung, deren Richtigkeit ich dahingestellt sein lasse, scheint mir geeignet, die Thatsache zu erklären, dass bei einer grossen Zahl von Myopen der durchschnittliche Orbitalindex besonders niedrig ist, dass ein niedriger Orbitalindex aber auch bei Hyperopen und Emmetropen vorkommt. Die Myopie erscheint damit nicht als eine Folge des niedrigen Orbitalindex, sondern beide als Folgen einer und derselben auf das Auge einwirkenden Schädlichkeit, übermässigen und anhaltenden Muskelzuges, welcher einmal nur zu einer Beeinträchtigung des Knochenwachsthums, andere Male auch zur Kurzsichtigkeit führen kann. Die Frage, ob dabei die geraden, besonders der äussere gerade, wie Arlt[1] und Andere meinen, oder der obere schräge Augenmuskel, wie Stilling annimmt, stärker an der Entstehung der Kurzsichtigkeit betheiligt sind, bleibt dabei gänzlich unberührt. Selbst wenn den Ersteren die stärkere Betheiligung zufällt, so vermögen doch, wie ich gezeigt habe, auf die Gestaltung der Augenhöhle nur die schrägen Augenmuskeln einzuwirken.

Bemerkenswerthe Verschiedenheiten unter den Orbitalindices bei den Juden und Nicht-Juden bezw. bei den blonden und dunklen Schülern haben sich nicht herausgestellt. Doch wäre es sehr dankenswerth, wenn die Orbitalmessungen von diesem Gesichtspunkte aus wiederholt würden. Es wäre ja nicht unmöglich, dass dabei von anderer Seite etwas Greifbares gefunden würde.

Bezüglich des Gesichts- und des Stirnindex kann ich mich kurz fassen. Die bei den 1390 untersuchten Schülern gefundenen Gesichtsindices sind auf Tabelle XII. 2, die Stirnindices auf Tabelle XII. 3 übersichtlich geordnet.

Stilling fand sowohl den Gesichts-, als den Stirnindex bei Myopie im Grossen und Ganzen niedriger als bei Emmetropie, eine Beobachtung, die ich gleichfalls gemacht habe. Doch stellte ich durchgehends niedrigere Maasse fest als Stilling. Während er als Mittel des Gesichtsindex für

[1] F. Arlt, *Ueber die Ursachen und die Entstehung der Kurzsichtigkeit.* Wien 1876.

Myopie 62·2, für Emmetropie 65·4 angiebt, fand ich bei 157 Hypermetropen durchschnittlich 57·5, bei 751 Emmetropen durchschnittlich 57·9, bei 482 Myopen durchschnittlich 57·2. Als Durchschnitt des Stirnindex stellte ich bei Hypermetropen 66.4, bei Emmetropen 67.3, bei Myopen 66·8 fest.

Bezeichnen wir den Gesichtsindex bis zu 60 als niedrig, den über 60 als hoch, so hatten einen niedrigen Gesichtsindex von den 157 Hypermetropen 117 = 74·5 Proc., von den 751 Emmetropen 539 = 71·8 Proc., von den 482 Myopen 364 = 75·5 Procent; einen hohen von den Hypermetropen 40 = 25·5 Procent, von den Emmetropen 212 = 28·2 Procent, von den Myopen 118 = 24·5 Procent derselben.

Nehmen wir 65 als Grenze zwischen hohem und niedrigem Stirnindex an, so hatten einen niedrigen Stirnindex von den Hypermetropen 70 = 44·6 Procent, von den Emmetropen 290 = 38.7 Procent, von den Myopen 183 = 38·0 Procent; einen hohen dagegen von den Hypermetropen 87 = 55·4 Procent, von den Emmetropen 461 = 61·3 Procent, von den Myopen 299 = 62·0 Procent.

Diese Unterschiede unter den Gesichts- bezw. Stirnindices der verschiedenen Brechungszustände sind nur gering, aber, wie ich meine, nicht abzuleugnen. Auch bei ihnen gilt dasselbe wie beim Orbitalindex. Sie sind bei den jüngsten Schülern verhältnissmässig niedrig, wachsen bis zum Eintritt der Pubertät, um dann gegen das Ende der Schulzeit wieder niedriger zu werden. Auch bei diesen sind die blauen Curven der Hypermetropen gänzlich unregelmässig, während die schwarzen der Emmetropen und die rothen der Myopen eine gewisse Regelmässigkeit erkennen lassen und die rothen durchweg ein wenig hinter den schwarzen zurückbleiben.

So wenig ich daher eine Erklärung dafür weiss, so muss ich doch auf Grund meiner Untersuchungen Stilling darin Recht geben, dass sich ein im Verhältniss zur Breite niedriges Gesicht bei Myopie häufiger findet als bei Emmetropie. Dass dagegen die Breitgesichtigkeit eine Bedingung der Kurzsichtigkeit sein soll, ein solches „Gesetz“ kann ich unter keinen Umständen anerkennen wegen der grossen Zahl von Myopen, bei denen ich einen hohen Gesichts- und hohen Stirnindex gefunden haben.

Das Ergebniss meiner Schädelmessungen war also, sowohl der Orbital- als der Gesichts- und der Stirnindex sind bei Myopen durchschnittlich niedriger als bei Emmetropen, während bezüglich der Hypermetropen sich ein bestimmtes Verhältniss nicht herausgestellt hat. Es erscheint mir nicht unwichtig, ausdrücklich hervorzuheben, dass ich die Schädelmaasse bei sämmtlichen Schülern vor Feststellung ihres Brechungszustandes genommen habe, also in keiner Weise voreingenommen sein konnte.

Einfluss der Erblichkeit auf Entstehung der Kurzsichtigkeit.

Sehr getheilt sind die Ansichten noch über den Einfluss, welchen die Erblichkeit auf die Entstehung der Kurzsichtigkeit ausübt, wie aus einigen von Pflüger[1] zusammengestellten Zahlen recht anschaulich hervorgeht. Nach ihm führt Cohn 3 Proc., Loving 6 Proc., Scheiding 24 Proc., Erismann und Tscherning 30 Proc., Knies 33 Proc., Dor 50 Proc., Schmidt-Rimpler 54 Proc. der Fälle von Myopie auf erbliche Anlage zurück, während Pflüger selbst in 10 Procent der Fälle die Erblichkeit als einzige Ursache der Myopie ansehen zu müssen glaubt. Straumann,[2] der 1887 sehr gründliche Untersuchungen über die Erblichkeit angestellt hat, meint, dass der Einfluss der Erblichkeit in 56 Procent der Myopieen zur Geltung kommt; über die Art und Weise der Vererbung, ob directe oder indirecte, ob die Myopie des Vaters oder Mutter oder beider Eltern einen grösseren Einfluss ausübt, glaubt er indessen auf Grund seiner Erhebungen sich nicht äussern zu können.

Auch das Gutachten der Wissenschaftlichen Deputation für das Medicinalwesen vom 19. Dec. 1883, erstattet von Virchow und Westphal, erkennt die Bedeutung der Vererbung an, hebt aber hervor, „dass in dieser Beziehung sehr wenig entscheidende Beweise vorliegen,“ und meint, „dass wenig mehr als ein Viertel der Myopen in den höheren Lehranstalten aus erblichen Verhältnissen ihr Leiden herzuleiten haben,“ und fügt hinzu, dass „die blosse Thatsache, dass die Kinder myopischer Eltern wieder myopisch sind, keineswegs genügt, um darzuthun, dass die Myopie vererbt sei.“

Entscheidende Ergebnisse würden sich meiner Ansicht nach nur gewinnen lassen, wenn man in der Lage wäre, sämmtliche Familienglieder der Schüler in derselben sorgfältigen Weise zu untersuchen, wie diese selbst, wozu sich auch, wie ich nicht zweifle, eine Anzahl von Familien bereit finden lassen würde. Ich versuchte vorläufig auf einem anderen Wege zu einem Urtheile zu gelangen.

Um möglichst grosse Zahlen zu gewinnen, erbat ich die Genehmigung, sämmtlichen von mir untersuchten Schülern Fragebogen mitgeben zu dürfen, auf denen die Eltern, Geschwister und Grosseltern Angaben machen sollten über ihr Alter, ob sie Brillen tragen oder nicht, und in welchen Entfernungen sie bestimmte Sehproben bequem lesen können. Seitens des Herrn Cultusministers wurde mir die hohe Genehmigung dazu ertheilt.

---

[1] E. Pflüger, La myopie scolaire. *Annal. d'Hygiène publique.* t. XVIII. S. 119.

[2] H. Straumann, Ueber ophthalmoskopischen Befund und Hereditätsverhältnisse bei der Myopie. *Inaug.-Diss.* Waldenburg 1887.

	1.	2.	3.
Name	J. H.	A. H.	A. H.
Alter	23	16	44
Beschäftigung	Arbeiterin	Schüler	Schlosser
Wird in der Regel eine Brille getragen?	nein	ja	noch nie
Oder wird beim Sehen nach entfernten Gegenständen eine Brille getragen?	nein	—	nein
Oder wird nur beim Lesen, Schreiben, Nähen u. s. w. eine Brille getragen?	ja	—	bis jetzt nich
Oder wird überhaupt nie eine Brille, Lorgnette u. s. w. gebraucht?	—	—	bis jetzt nich
Werden entfernte Gegenstände, wie Thurm- oder Bahnhofsuhren, Strassennamenschilder von der anderen Strassenseite aus erkannt und gelesen?			
a) mit blossem Auge	nein	nein	ja
b) mit Brille	ja	ja	—
c) überhaupt nicht	—	—	—
In wieviel Centimeter Entfernung vom Auge wird diese Schrift noch mit blossem Auge (ohne Brille) gelesen?			
a) mit dem rechten Auge	25 cm	11 cm	95 cm
b) mit dem linken Auge	20 cm	12 cm	100 cm
Wie nahe (in Centimetern) kann diese Schrift dem Auge gerückt werden, ehe die Buchstaben verschwimmen?	4 cm	3 cm	18 cm
In wieviel Meter Entfernung vom Auge werden die Buchstaben auf der Rückseite dieses Blattes mit blossem Auge erkannt?	$1^{1}/_{2}$ m	$^{1}/_{4}$ m	1·5 m
Ist sonst in der Familie bei den Grosseltern, Geschwistern u. s. w. hochgradige Kurzsichtigkeit vorhanden?	nein	Vater	nein
Urtheile des Hrn. Dr. v. Esmarch über d. Augen:	beiderseits Myopie, etwa $^{1}/_{10}$	beiderseits Myopie, etwa $^{1}/_{4}$ — $^{1}/_{5}$	Emmetropi oder gering Hypermetro beginnende Presbyopie
Ergebniss der Untersuchung in der Augenklinik:	beiderseits Hypermetrop., $^{1}/_{12}$ $S = {}^{6}/_{18}$	beiderseits Myopie $^{1}/_{14}$ $S = 1$	beiderseits Emmetropi mit + 45 0·4 in 30 c

4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
rau B. K.	L. L.	L. R.	H. S.	M. S.	H. S.	E. W.
29	17	12	23	21	29	19
Stepperin	Kaufmannslehrling	Oberquintaner	Forstmann	Klempner	Lehrer	Stud. phil.
nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja
nein	—	nein	ja	nein	ja	—
nein	—	nein	nein	stets	nein	—
nein	—	nein	Brille	—	ja	—
a (links)	nein	ja	nein	nein	nein	ja
—	ja	—	ja	ja	ja	gelesen
—	—	—	ja	—	—	—
ar nicht	15 cm	50 cm	20 cm	16 cm	—	35 cm
77 cm	19 cm	50 cm	15 cm	17 cm	—	33 cm
7 cm	5 cm	$6^1/_2$ cm	5 cm	10 cm	—	10 cm
161 cm	35—40 cm	1·16 m	40 cm	1 m	—	56 cm
nein	ja	Vater und Grosseltern mütterlicherseits	nein	bei uns Geschwist. nur; es ist ein Erbfehler von meiner Mutter	—	nein
hts: hoch- l.Schwach- tigkeit, ev. maurose; s: normal	rechts: Myopie $^1/_6$, links: Myopie $^1/_8$	beiderseits geringe Myop. oder Hypermetropie	rechts: Myopie $^1/_8$, links: Myopie $^1/_6$	beiderseits Myopie mittleren Grades	Myopie ?	beiderseits Myopie, etwa $^1/_{14}$
hts: Horn- utflecke, S = $^1/_3$, s: Emme- pie, S = 1	rechsts: M. $\frac{1}{6^1/_2}$ S = $^1/_6$ links: M. $\frac{1}{5^1/_2}$ S = $^1/_6$	beiderseits Hypermetropie $^1/_{24}$, S = $^1/_2$ — $^2/_3$	rechts: M. $^1/_9$, S = $^1/_2$ — $^2/_3$, links: M. $\frac{1}{5^1/_2}$, S = $^1/_4$	rechts: Hypermetropie $^1/_8$, S = $^1/_3$, links: H. $\frac{1}{7^1/_2}$, S = $^1/_3$	beiders. Myopie $^1/_{24}$, S = $^6/_5$	beiderseits Myopie $^1/_{11}$, S = $^2/_3$ — 1

Dass es möglich ist, mit Hülfe von Fragebogen in einer grossen Zahl von Fällen ein der Wirklichkeit fast völlig entsprechendes Urtheil über den Brechungszustand und das Sehvermögen zu erhalten, war schon durch Herrn Dr. v. Esmarch festgestellt worden, der mir die Verwerthung seiner Ergebnisse freundlichst überlassen hat. v. Esmarch, der ursprünglich beabsichtigt hatte, die nun von mir gemachten Untersuchungen vorzunehmen, versandte einen von ihm entworfenen Fragebogen, dessen Form und Inhalt aus Anlage XVIIa ersichtlich ist, an Leute, die in der Universitäts-Augenklinik wegen Brechungs-Anomalien in Behandlung und dort genau untersucht worden waren. Aus den ausgefüllt wiedereingehenden Fragebogen suchte er sich ein Urtheil über den Brechungszustand der Leute zu bilden, von dessen Richtigkeit er sich durch Vergleichung desselben mit den Aufzeichnungen der Klinik überzeugte.

Aus den Esmarch'schen Fragebogen habe ich zehn beliebige ausgewählt und in Vorstehendem die Antworten, das Urtheil, das v. Esmarch fällte, und den wirklichen Brechungszustand der Augen zusammengestellt.

Man sieht, dass das Urtheil, welches sich v. Esmarch gebildet hatte, in acht von diesen zehn Fällen richtig war. In Fall eins und acht, in denen er Myopie annahm, während Hypermetropie bestand, wäre er bei nochmaliger genauer Durchsicht der Antworten jedenfalls auch zu dem richtigen Urtheile gelangt. Die Arbeiterin H., welche die kleine Schriftprobe in 25 bezw. 20 ^{cm}, die grössere in $1^1/_2{}^m$ liest, also für die Nähe ein erheblich schlechteres Sehvermögen als für die Ferne hat, ausserdem eine Brille nur beim Lesen u. s. w., nicht beim Sehen in die Ferne trägt, kann ebensowenig kurzsichtig sein, wie der Klempner P., welcher die kleine Sehprobe in 16 bezw. 17 ^{cm}, die grosse in 1 ^{m} liest, den Nahepunkt in 10 ^{cm} hat und seine Brille nicht beim Sehen in die Ferne gebraucht.

Diese Beispiele zeigen also unzweifelhaft, dass die Methode brauchbar ist. Ich adoptirte daher mit Erlaubniss des Herrn v. Esmarch die von ihm aufgestellten Fragebogen, gab ihnen nur eine etwas andere Form und fügte einige Aenderungen hinzu, die aus der Anlage XVII b ersichtlich sind.

Diese Fragebogen wurden nun, wie ich rühmend anerkennen muss, von der überwiegenden Mehrzahl der Angehörigen der Schüler sorgfältig ausgefüllt, doch stellte sich nur ein allerdings nicht unbeträchtlicher Theil derselben als wirklich verwerthbar heraus.

Eine Anzahl von Eltern hatten gemeint, ihren Sohn, der die Schule besucht, untersuchen zu sollen, und machten nur die auf diesen bezüglichen Angaben. Auf anderen Fragebogen beantwortete nur der Vater oder nur die Mutter die Fragen und liessen die Angaben betreffend der übrigen Familienglieder fort. Besonders häufig war das Geschlecht der

Geschwister nicht ersichtlich. Verwerthbare Angaben über die Grosseltern habe ich in so wenig Fällen erhalten, dass ich meine Absicht, auch diese statistisch zu verwerthen, einfach habe aufgeben müssen.

Die Deutung der Angaben auf den Zählkarten war zuweilen recht schwierig. Verhältnissmässig am leichtesten war ein Urtheil natürlich bei den Brillenträgern, doch wurde es in einer erstaunlich grossen Anzahl durch den Umstand erschwert, dass die Art der Brille falsch angegeben war. Leute, die augenscheinlich Hyperopen bezw. Presbyopen waren, gaben ihre Brille als Concavbrille an, während zweifellose Myopen eine Convexbrille besitzen wollten, ein allerdings verzeihliches Missverständniss, das darauf hindrängt, die überflüssigen Fremdworte „Concav“ und „Convex“ durch deutsche Ausdrücke zu ersetzen.

Die Sehproben auf den Fragebogen waren derartig gewählt, dass von einem emmetropischen Auge mit normalem Sehvermögen die kleinere in 1^m, die grössere in 4^m Entfernung bequem gelesen werden musste. Diese Entfernungen wurden indessen bei Weitem nicht von allen erreicht, vielmehr wurde die grössere Sehprobe selbst von zweifellosen Emmetropen meist nur in 2^m gelesen. Trotzdem glaube ich bei Verwerthung der Angaben in den meisten Fällen das Richtige getroffen zu haben. Als besonders werthvoll erwiesen sich hierbei die Angaben über das Erkennen von Gesichtern, Thurmuhren u. dergl. auf der Strasse, sowie die Berücksichtigung des Nahepunktes, der erfahrungsgemäss dem Auge am nächsten bei Myopen, bei Hypermetropen mit manifester Hyperopie und Presbyopen dagegen sehr weit vom Auge ab liegt. Einige Beispiele mögen das erläutern.

Ein Bäckermeister von 51 Jahren trägt keine Brille, erkennt Gesichter auf der Strasse von Weitem, liest die kleine Sehprobe in 45^{cm}, die grosse in $1^1/_2{}^m$ Entfernung und hat den Nahepunkt in 11^{cm}. Seine Frau, 50 Jahre alt, trägt eine „Concavbrille“ Nr. 20 nur beim Lesen, erkennt Gesichter mit blossem Auge, liest ohne Brille die kleine Sehprobe in 58^{cm}, die grosse in 2^m Entfernung und hat den Nahepunkt in 12^{cm}. Beide wurden als Presbyopen geführt.

Ein Tuchfabrikant von 63 Jahren trägt keine Brille, erkennt Gesichter auf der Strasse, liest die Sehproben in 1 bezw. $1^3/_4{}^m$ und hat den Nahepunkt in 5^{cm}. Er wurde als Emmetrop notirt. Dagegen führte ich einen 65 Jahre alten Kaufmann, der beständig eine Brille („convex 9“) trägt, Gesichter auf der Strasse nur mit dieser erkennt, als Myopen, obwohl er Angaben über die Entfernung, in der er die Sehprobe liest, nicht gemacht hatte.

In der Mehrzahl der Fälle war es aber nicht erforderlich, erst in dieser Weise Räthsel zu lösen, und ermöglichten die Fragebogen ein zu-

treffendes Urtheil ohne Mühe. Eine Frau von 40 Jahren z. B., welche keine Brille trägt, Gesichter auf der Strasse erkennt, die Sehproben in 120^{cm} bezw. $3^3/_4{}^m$ liest und den Nahepunkt in 8^{cm} Entfernung hat, gab sich ohne Schwierigkeit als Emmetrop su erkennen.

Nachdem ich den Brechungszustand der Angehörigen, soweit es möglich war, auf Grund der Fragebogen festgestellt hatte, konnte ich versuchen, den Brechungszustand der von mir untersuchten Schüler mit demjenigen ihrer Eltern zu vergleichen.

Von den 722 Schülern des Friedrichs-Gymnasiums brachten 590 = 81·6 Procent, von den 668 des Leibniz-Gymnasiums 595 = 89·1 Procent die Fragebogen verwerthbar ausgefüllt zurück, so dass ich also bei 1185 Schülern mir ein Urtheil über etwaige Erblichkeit der Kurzsichtigkeit bilden konnte.

Von den 590 Schülern des Friedrichs-Gymnasiums hatten von 72 Hypermetropen 17 = 27.4 Procent, von 317 Emmetropen 118 = 37·2 Procent, von 211 Myopen 114 = 54 Procent kurzsichtige Eltern.

Von den 595 Schülern des Leibniz-Gymnasiums war das von 81 Hypermetropen bei 20 = 24.7 Procent, von 322 Emmetropen bei 102 = 31.6 Procent, von 192 Myopen bei 87 = 45·3 Procent der Fall.

Rechnen wir beide Gymnasien zusammen, so hatten von den 1185 Schülern myopische Eltern

von 153	Hypermetropen	37 = 24·2	Procent	derselben,
„ 639	Emmetropen	220 = 34·4	„	„
„ 403	Myopen	201 = 49·9	„	„

Also von den Myopen hatte die Hälfte, von den Emmetropen etwas mehr als ein Drittel, von den Hypermetropen nicht ganz ein Viertel myopische Eltern. So sehr diese Zahlen für die Erblichkeit die Myopie sprechen, so wenig lassen dieselben ein bestimmtes Urtheil über den Grad dieses Einflusses zu.

Ich verwerthete daher die Fragebogen in anderer Weise. Ich suchte diejenigen Familien heraus, in denen beide Eltern, dann die, in denen nur der Vater, die, in denen nur die Mutter, und endlich diejenigen, in denen keiner von beiden myopisch waren. In jeder dieser vier Kategorieen stellte ich die Procentzahlen der myopischen Söhne und Töchter fest und kam zu einem Ergebniss, welches auf Tabelle XIII. 1 und der dazu gehörigen Curve übersichtlich zusammengestellt ist.

Verwerthbar waren die Angaben über 986 Familien.

Unter diesen waren 50, in denen beide Eltern myopisch waren. Von den 157 Kindern dieser Familien waren 71 = 45·2 Procent, also fast die Hälfte, myopisch.

206 Familien, in denen nur der Vater Myop war, hatten 673 Kinder, von denen 185 = 27·8 Procent, also mehr als ein Viertel, kurzsichtig waren.

100 Familien, in denen nur die Mutter Myop, hatten 326 Kinder, unter ihnen 109 = 33·4 Procent, also mehr als ein Drittel kurzsichtig.

Nehmen wir diese drei Kategorieen zusammen, so hatten also sämmtliche 356 Familien mit kurzsichtigen Eltern 1156 Kinder, unter denen 365 = 31·6 Procent, also fast ein Drittel Myopen waren.

Die 630 Familien dagegen, in denen beide Eltern Emmetropen, Hypermetropen bezw. Presbyopen waren, hatten unter 2069 Kindern nur 302 = 14·6 Procent, also etwa ein Sechstel Myopen.

Aus diesen Zahlen folgt, dass ein Kind, von dessen Eltern eines oder beide kurzsichtig sind, mehr als doppelt so stark der Gefahr ausgesetzt ist, gleichfalls kurzsichtig zu werden, als ein Kind, dessen Eltern nicht kurzsichtig sind.

Gehen wir in's Einzelne, so ist die Kurzsichtigkeit der Mutter auf die Kinder offenbar von erheblich grösserem Einflusse als diejenige des Vaters. Von den Kindern der Familien, in denen beide Eltern Myopen sind, sind 45·2 Procent, von denen, wo nur die Mutter, 33·4 Procent, von denen, wo nur der Vater kurzsichtig, nur 27·8 Procent Myopen.

Wäre es mir möglich gewesen, die Grosseltern zu berücksichtigen, so wäre, wie ich nicht zweifle, die Erblichkeit der Myopie noch viel augenscheinlicher zu Tage getreten. Es ist ja eine bekannte Thatsache, dass häufig genug gewisse Eigenschaften von Menschen gewissermassen ein Glied der Nachkommenschaft überspringen und nicht beim Kinde, sondern erst beim Enkel wieder erscheinen. Dass dies auch bei der Kurzsichtigkeit der Fall ist, lässt sich aus unseren Fragebogen durch einige in der That überraschende Beispiele erhärten.

Zwei kurzsichtige Schüler des Friedrichs-Gymnasiums, deren Vater, Mutter und beide Brüder kurzsichtig sind, haben einen kurzsichtigen Grossvater väterlicherseits und zwei kurzsichtige Grosseltern mütterlicherseits.

Ein kurzsichtiger Schüler hat einen kurzsichtigen Vater, zwei kurzsichtige Brüder und einen kurzsichtigen Grossvater väterlicherseits; die Mutter, eine Schwester und die Eltern der Mutter sind nicht kurzsichtig.

Ein kurzsichtiger Schüler hat eine kurzsichtige Mutter und einen kurzsichtigen Grossvater mütterlicherseits, während der Vater, zwei Brüder, eine Schwester und die Eltern des Vaters Emmetropen sind.

Ein kurzsichtiger Schüler des Leibniz-Gymnasiums hat einen kurzsichtigen Bruder, während beide Eltern und ein Bruder Emmetropen sind; dagegen ist der Grossvater mütterlicherseits Myop.

Diese Beispiele, welche für den grosselterlichen Einfluss sprechen, liessen sich mit leichter Mühe vervielfältigen.

Die Erblichkeit macht sich aber auch in der Weise geltend, dass nicht selten Kinder anisometropischer Eltern gleichfalls nur auf einem Auge, zuweilen sogar auf demselben Auge kurzsichtig sind wie die Eltern oder Geschwister. Zwei Brüder, Schüler des Leibniz-Gymnasiums, sind ebenso wie ihr Vater auf dem einen Auge myopisch, auf dem anderen emmetropisch. Ein anderer Schüler desselben Gymnasiums ist ebenso wie sein Vater und ein Bruder nur auf dem linken Auge kurzsichtig. Nicht selten stellten sich auch bei solchen Schülern, die auf beiden Augen verschieden starke Grade von Myopie hatten, Angehörige als Anisometropen heraus.

Gerade die Fälle von Anisometropie scheinen mir in der überwiegenden Mehrzahl auf Erblichkeit zu beruhen. Als Beispiel dafür möchte ich mich selbst anführen. Mein Grossvater väterlicherseits, mein Vater, zwei Brüder und eine Schwester sind kurzsichtig, meine Mutter war emmetrop, ich selbst bin auf dem einen Auge emmetropisch mit einem Sehvermögen von $^6/_5$, auf dem anderen habe ich eine Myopie von 4 Dioptrien bei gleichfalls übervollem Sehvermögen. Dieser Brechungszustand, den ich zweifellos seit früher Jugend besass, wurde zufällig gefunden bei meiner Untersuchung behufs Einstellung zum Militärdienst und hat sich seitdem nicht im Mindesten geändert.

Nahe liegt die Frage, ob die Erblichkeit der Kurzsichtigkeit sich auch in der Weise äussert, dass die Kinder kurzsichtiger Eltern in früherem Lebensalter myopisch werden und überhaupt einen höheren Grad von Kurzsichtigkeit erreichen, als die Kinder nicht-myopischer Eltern. Um ein Urtheil über dieses Verhältniss zu gewinnen, habe ich auf der einen Seite bei den Schülern mit myopischen, auf der anderen bei den Schülern nichtmyopischer Eltern die Anzahl der Dioptrien classenweise zusammengezählt und durch Theilung dieser Zahlen mit der Anzahl der betreffenden Augen den durchschnittlichen Grad der Kurzsichtigkeit ermittelt. Das Ergebniss dieser Rechnung ist auf Tabelle XIII. 2 zunächst getrennt für jedes Gymnasium, dann für beide zusammen ersichtlich gemacht, und zwar bedeutet die oberste Zahl in jeder Rubrik die Gesammtzahl der Dioptrien, die zweite die Anzahl der in Frage kommenden Schüler, die dritte endlich den durchschnittlichen Grad der Kurzsichtigkeit jedes Auges in Dioptrien. Ein wesentlicher Unterschied hat sich bei dieser Rechnung nicht ergeben, vielmehr sind hohe Grade von Myopie in gleicher Anzahl und in gleich frühem Lebensalter bei Kindern mit myopischen, wie bei solchen mit nichtmyopischen Eltern zur Beobachtung gekommen.

Einfluss des Geschlechts auf Entstehung der Kurzsichtigkeit.

Ueber die Kurzsichtigkeit beider Geschlechter bestehen bekanntlich auch noch Meinungsverschiedenheiten. Während einige Forscher das weibliche Geschlecht für weniger veranlagt zur Myopie halten, meinen andere, dass es gerade umgekehrt stärker dazu neige als das männliche Geschlecht. Erismann fand in Petersburg in Knabenschulen 31 Procent, in Mädchenschulen 27 Procent Myopen, Burgl in München in einer Töchterschule 49 Procent, Pflüger in Luzern in der unteren Knabenschule 5 Procent, in der unteren Mädchenschule 8 Procent Myopen, Weber in Darmstadt in der höheren Töchterschule 42 Procent, in der Mädchen-Mittelschule 27 Procent. Berthold in Königsberg fand in der 1. Classe der höheren Töchterschule 61.9 Procent, im Lehrerinnen-Seminar 70·8 Procent, in der 1. Classe einer anderen höheren Töchterschule gar 78·1 Procent Kurzsichtige.[1]

Von der Kurzsichtigkeit beider Geschlechter gilt meines Erachtens dasselbe wie von derjenigen verschiedener Volksstämme. Vergleichbare Ergebnisse würde man nur erlangen, wenn man Knaben und Mädchen desselben Lebensalters gleich lange Zeit hindurch denselben Einflüssen in Bezug auf Schulhaus, Schulbank, geistige Anstrengung und Lehrmittel aussetzte. So lange man dies nicht kann oder mag, wird man zu einem endgültigen Urtheil über die Neigung der beiden Geschlechter zur Kurzsichtigkeit nicht gelangen.

Ich habe indessen versucht, auch dieser Frage auf Grund meiner Fragebogen näher zu treten. Die Ergebnisse dieses Versuches finden sich auf Tabelle XIII. 1.

Von den 986 Ehepaaren waren von den Vätern 256=26 Procent, von den Müttern nur 150=15·2 Proc. kurzsichtig. Von den 1984 Söhnen waren 527=26·5 Procent, von den 1241 Töchtern nur 140=11·3 Proc. Myopen. Unter den Erwachsenen verhielte sich also die Kurzsichtigkeit der Männer zu derjenigen der Frauen wie 5:3, unter den Kindern dagegen wie 5:2. Von den 460 Mädchen, deren Eltern Myopen, fand ich 21·5 Procent, von den 781, deren Eltern Emmetropen, nur 5·3 Procent Kurzsichtige, ein Verhältniss von 4:1, während von 696 Knaben der ersten Kategorie 38·2 Procent, von 1288 der zweiten 261=20·3 Procent, ein Verhältniss von annähernd 2:1, kurzsichtig waren. Die Erblichkeit der Myopie tritt also bei Mädchen doppelt so stark in Erscheinung als bei Knaben. Trotz der geringen Anzahl der kurzsichtigen Mädchen bin ich

[1] Berthold, *Ueber Kurzsichtigkeit mit besonderer Rücksicht auf Mädchenschulen.* Königsberg. 1881. 8°. 11 Seiten.

daher der festen Ueberzeugung, dass die Mädchen, wenn sie unter gleiche Verhältnisse gesetzt würden wie die Knaben, ebenso oder noch mehr der Kurzsichtigkeit anheimfallen würden wie jene, eine Ansicht, zu der sich übrigens auch Pflüger bekennt und welche durch die Zahlen Berthold's und Weber's wesentlich gestützt wird. Fand Letzterer doch in dem Gymnasium und der Realschule zu Darmstadt 44 bezw. 40·9 Procent, in der höheren Töchterschule dagegen 42·4 Procent Kurzsichtige.

So unzweifelhaft jedoch die Erblichkeit bei Entstehung der Myopie mitspielt, so sehr theile ich die Ansicht Arlt's, dass es nicht die Kurzsichtigkeit als solche ist, welche vererbt wird, sondern nur die Anlage zu derselben, welche erst unter Mitwirkung bestimmter Schädlichkeiten in Wirksamkeit tritt und latent bleiben kann, wenn der Einfluss dieser Schädlichkeiten ausbleibt.

Einfluss des Berufs auf Entstehung der Kurzsichtigkeit.

Die Hauptrolle bei Entstehung der Kurzsichtigkeit spielt nämlich unzweifelhaft die Beschäftigung. Die Berechtigung zu dieser Behauptung wird man mir zugestehen, wenn man einen Blick wirft auf Tabelle XIV und die dazugehörigen Curven, auf denen ich die kurzsichtigen Väter der von mir untersuchten Schüler nach Ständen zusammengestellt habe.

Einen verwerthbaren Schluss auf den Brechungszustand der Väter gestatteten 1084 Fragebogen. Von diesen gehörten 134 gelehrten Ständen an, 45 waren Künstler, 35 Officiere, Feldwebel u. dgl., 141 höhere Beamte, 435 Kaufleute, 30 Rentner, 199 Handwerker, 29 Land- und Forstleute, 35 niedere Beamte und 1 Seemann. Unter diesen verschiedenen Ständen steigt die Anzahl der Kurzsichtigen in demselben Verhältniss, als die Vorbildung zu denselben und die Beschäftigung selbst höhere Ansprüche an die mit Geistesthätigkeit verbundene Nahearbeit der Augen stellt. Zum Beweise für die grosse Anzahl von Myopen unter den Gelehrten seien die Ergebnisse van Anrooy's[1] angeführt, der bei der Untersuchung der Studenten in Leiden unter den Theologen 22·2 Procent, den Medicinern 27·2 Procent, den Juristen 35 Procent, den Sprachkundigen 40 Procent, den Philosophen 61·1 Procent Myopen fand. Aus meinen Fragebogen erwiesen sich unter den Geistlichen 30 Procent, den Aerzten 65 Procent, den Juristen 42.9 Procent, den Schriftstellern und Schulmännern 48.5 Procent als Kurzsichtige, Zahlen, die allerdings nur bedingungsweise Gültigkeit haben, da die Anzahl der den einzelnen Ständen angehörigen Personen nur eine beschränkte war.

[1] Van Anrooy, *De Oogen der Studenten aan de Rijks-Universiteit te Leiden.* Leiden 1884.

Bezüglich der anderen Berufsarten nur wenige Bemerkungen. Bekannt ist, dass die Uhrmacher wenig zur Myopie neigen. Unter den Vätern meiner Schüler waren 2 Uhrmacher, beide zufällig Emmetropen. Buchdrucker und Schriftsetzer waren 8, davon 1 kurzsichtig, während von Cohn[1] und Anderen gerade die Myopie der Schriftsetzer als sehr hoch angegeben wird. Bemerkenswerth erscheint mir, dass ich unter 25 Postbeamten 17 = 68 Procent kurzsichtig fand, unter 12 Telegraphenbeamten dagegen keinen einzigen, ein Verhältniss, das nicht zufällig sein kann, ohne dass ich eine Erklärung dafür anzugeben wüsste.

Dieses verschiedene Verhalten verschiedener Stände gegen die Kurzsichtigkeit, das eine im Volksbewusstsein feststehende Thatsache ist, lehrt meiner Ansicht nach unwiderleglich, dass die Kurzsichtigkelt mit der geistigen Arbeit zusammenhängt.

Und damit kommen wir an den Ausgangspunkt unserer Untersuchungen zurück. Indem wir feststellen, dass die Kurzsichtigkeit bedingt wird durch die geistige Ausbildung, kommen wir ganz von selbst zu der Frage, ob und wie weit es diese an sich ist, die diesen schädlichen Einfluss hat, oder die Schule, in der wir diese Ausbildung zum grössten Theile erhalten.

Wir hatten gesehen, dass die absolute Zahl der Kurzsichtigen auf dem Leibniz-Gymnasium geringer und ihre Zunahme bis zum Eintritt der Pubertät langsamer war, als auf dem Friedrichs-Gymnasium, und hatten diesen Unterschied auf die bessere Tagesbeleuchtung zurückgeführt, welche in dem erstgenannten Gymnasium herrscht. Die Berechtigung zu dieser Auffassung scheint mir auch aus Tabelle XV hervorzugehen, in der ich das Sehvermögen sämmtlicher Schüler zusammengestellt habe.

Verhalten des Sehvermögens zum Brechungszustand.

Bekanntlich bezeichnet man das Sehvermögen als normal, $S = 1$, wenn das Auge Gegenstände in unendlicher Entfernung erkennt, welche von einem Sehwinkel von 5 Bogenminuten eingeschlossen werden. Es ist klar, dass diese Gegenstände um so grösser sein müssen, in je grösserer Entfernung vom Auge sich dieselben befinden. Erkennt ein Auge eine Sehprobe Nr. 6, welche ein normales Auge in 6^m Entfernung gut sehen muss, erst in 5^m, so ist sein Sehvermögen = $^5/_6$, d. h. $S < 1$; erkennt es dagegen diese Sehprobe noch in 8^m Entfernung, so ist sein Sehvermögen = $^8/_6$, d. h. $S > 1$.

Es zeigt sich nun, dass das Sehvermögen der Schüler des Friedrichs-Gymnasiums durchgehends geringer war als derjenigen des Leibniz-Gymnasiums.

---

[1] H. Cohn, Die Augen der Breslauer Schriftsetzer. *Berliner klin. Wochenschrift.* 1868. Nr. 50.

Auf dem Friedrichs-Gymnasium hatten von den

Hypermetr. S<1: 29=21.8%, S=1: 34=25·9%, S>1: 69=52·5%,
Emmetropen S<1: 25= 3·0%, S=1:243=28·5%, S>1:584=68·5%,
Myopen S<1:156=34·0%, S=1:193=42.2%, S>1:109=23·8%.

Auf dem Leibniz-Gymnasium dagegen hatten von den

Hypermetrop. S<1:19=13·1%, S=1:10= 6·9%, S>1:116=80·0%,
Emmetropen S<1:27= 3·4%, S=1:27= 3·4%, S>1:751=93.2%,
Myopen S<1:43=10·9%, S=1:54=13.7%, S>1:297=75·4%.

D. h. von sämmtlichen 1442 Augen der Schüler des Friedrichs-Gymnasiums hatten

S<1:210=14·6%, S=1:470=32·6%, S>1:762=52·8%;

von sämmtlichen 1334 Augen der Schüler des Leibniz-Gymnasiums

S<1:89=6·7%, S=1:91=6·8%, S>1:964=86.5%.

Wenn man das Sehvermögen der einzelnen Augen desselben Brechungszustandes und derselben Classe zusammenzählt und mit der Zahl der untersuchten Augen theilt, so erhält man das durchschnittliche Sehvermögen des betreffenden Brechungszustandes für diese Classe. Diese Werthe habe ich berechnet und in Gestalt einer Curve (Curve XV) zusammengestellt. Man sieht unschwer, dass die Curve des Friedrichs-Gymnasiums in allen Classen unter derjenigen des Leibniz-Gymnasiums zurückbleibt.

Nun habe ich allerdings die Schüler des Friedrichs-Gymnasiums im November, December und Januar, diejenigen des Leibniz-Gymnasiums dagegen im Februar und März untersucht, und man könnte daher einwenden, dass der Unterschied zu Ungunsten der ersteren Anstalt durch diesen Umstand veranlasst worden sei. Indessen fanden die Untersuchungen in beiden Gymnasien in einem gleich gut beleuchteten Raume statt, im Friedrichs-Gymnasium im physikalischen Cabinet, im Leibniz-Gymnasium im Naturalienkabinet, ausserdem liess ich an dunklen Tagen die Sehprobe in derjenigen Entfernung aufstellen, in der ich selbst sie mit meinem normalsichtigen Auge erkennen konnte. Wurde dann also Sehprobe Nr. 6 statt in 6^{m} erst in 5^{m} erkannt, so nahm ich doch $S = {}^6/_6 = 1$, und nicht $S = {}^5/_6$ an. Dass ich das Sehvermögen der hypermetropischen und myopischen Augen erst nach Verabreichung des die Brechungsanomalie corrigirenden Brillenglases feststellte, ist selbstverständlich.

Wenn wir also finden, dass in einem gut beleuchteten Gymnasium weniger Kurzsichtige sind als in einem schlecht beleuchteten, wenn ausserdem diese geringere Zahl von Kurzsichtigen auch durchschnittlich niedrigere Grade von Myopie besitzt, wenn endlich die Myopen des gut beleuchteten

Gymnasiums noch dazu ein besseres Sehvermögen haben als diejenigen des schlecht beleuchteten Gymnasiums, dann, meine ich, können wir an der Zweckmässigkeit hygienischer Verbesserungen in den Schulen nicht mehr zweifeln und müssen die Mahnung daraus entnehmen, diese Forderungen mit allem Nachdruck weiter zu vertreten, bis sie überall Eingang gefunden haben.

Die Ergebnisse meiner Messungen der Sehschärfe berechtigen aber noch ausserdem zu einem recht tröstlichen Schlusse, der denjenigen besonders empfohlen sein möge, die der Ansicht zuneigen, als sei die überhandnehmende Bildung eine nationale Gefahr, die schliesslich zur allgemeinen Blindheit führen könnte.

Trotz des durchschnittlich geringeren Sehvermögens, welches ich bei den Schülern des Friedrichs-Gymnasiums fand, war dasselbe an und für sich doch gar nicht so ungünstig, und in allen Classen durchschnittlich grösser als normal. Die Curve des Sehvermögens zeigt ausserdem ein sehr bemerkenswerthes Verhalten, das sofort die Aufmerksamkeit auf sich zieht. Auf beiden Gymnasien ist nämlich das durchschnittliche Sehvermögen aller Schüler, auch der Myopen, am niedrigsten in der untersten Vorschulclasse, um von da ab langsam, aber ziemlich gleichmässig von Classe zu Classe anzusteigen. Dies verdient gegenüber der vielverbreiteten Auffassung von dem nachtheiligen Einflusse der Schule auf das Auge nachdrücklich hervorgehoben zu werden.

Die Ansicht, dass die Cultur eine Herabsetzung der Sehschärfe herbeiführt, finde ich besonders bei Pflüger vertreten, der zum Beweise dafür die Sehschärfe russischer Soldaten und von Indianern Südamerikas anführt. „Unter 27,627 Soldaten des russischen Militärbezirks Charkowa besassen 51 Proc. eine Sehschärfe von $^{25}/_{xx}$ bis $^{35}/_{xx}$, einzelne erreichten eine Sehschärfe von $^{40}/_{xx}$ bis $^{60}/_{xx}$, nur 2·3 Proc. eine Sehschärfe unter $^{20}/_{xx}$. Alexander von Humboldt berechnete gelegentlich die Sehschärfe von Indianern in Südamerika auf das Fünffache normaler Sehschärfe, auf $^{100}/_{xx}$, also auf das Vierzigfache der Sehschärfe der höchstgradigen Myopen."

Mir scheint jedoch aus meinen Messungen der Sehschärfe hervorzugehen, dass das Auge ebenso wie unsere Gliedmaassen zur vollen Leistungsfähigkeit erst durch Uebung erzogen werden, dass es erst sehen lernen muss. Wenn also trotz des langjährigen Aufenthaltes in der Schule und trotz Zunahme der Kurzsichtigkeit während desselben das durchschnittliche Sehvermögen der Schüler von Classe zu Classe steigt, so ist jedenfalls die Frage berechtigt, ob dies trotz der Schule geschieht, oder ob wir nicht vielmehr diese Zunahme des Sehvermögens als eine Frucht des erziehlichen Einflusses betrachten müssen, welchen wir der geistigen Thätigkeit in der Schule verdanken.

Einfluss der häuslichen Arbeiten auf die Kurzsichtigkeit.

Müssen wir der geistigen Arbeit den Haupteinfluss auf die Entstehung der Kurzsichtigkeit zuschreiben, so dürfen wir nicht vergessen, dass die Schüler einen sehr wichtigen Theil ihrer Arbeit zu Hause und nicht in der Schule zu erledigen haben. Jeder, der im Leben etwas gelernt hat, hat erfahren, dass man die Dinge eigentlich erst recht begreift, wenn man sie sich allein zurechtlegt. Die häuslichen Arbeiten sind daher für ein durchaus nothwendiges Ergänzungsmittel des Schulunterrichtes zu erachten, bei denen wir nur wünschen müssen, dass sie die Grenzen des nothwendigen Maasses nicht überschreiten.

Wenn wir aber annehmen, dass die Entstehung der Kurzsichtigkeit begünstigt wird durch schlechte Beleuchtung und mangelhafte Sitzvorrichtungen, und folgerichtig Alles daransetzen, um für unsere Schulen gutes Licht und körpergemässe Subsellien zu erwirken, so lohnt es sich der Mühe, zu erwägen, unter welchen Verhältnissen die häuslichen Schularbeiten angefertigt zu werden pflegen.

Ich habe mir angelegen sein lassen, von sämmtlichen Schülern zu erfragen, wie viel Stunden sie täglich auf die häuslichen Schularbeiten verwenden, und habe aus diesen Angaben die durchschnittliche Arbeitszeit für die Schüler der einzelnen Classen berechnet. Die Angaben machten den Eindruck der Glaubwürdigkeit, da die Schüler derselben Classen ganz spontan fast genau die gleichen Zeiten angaben, so dass die auf Curve XVI zusammengestellten Durchschnittszeiten wohl ziemlich genau der Wirklichkeit entsprechen. Dies dürfen wir um so eher glauben, als sich die Arbeitszeit für dieselben Classen der beiden Gymnasien als nahezu gleich herausgestellt hat. Darnach muss ein Sextaner etwa $1^1/_2$, ein Quintaner etwa $1^3/_4$, ein Quartaner $2^1/_2$, ein Untertertianer $2^2/_3$, ein Obertertianer $2^3/_4$, ein Untersecundaner $3^1/_3$, ein Obersecundaner $3^1/_2$ bis 4, ein Unterprimaner 4 bis $4^1/_2$, ein Oberprimaner 5 bis 6 Stunden auf die häuslichen Arbeiten verwenden. Ein Blick auf Curve XVI zeigt auch, dass die durchschnittliche Arbeitszeit der Myopen von derjenigen der übrigen Schüler nicht abweicht, wie ja auch die allgemeine Erfahrung dafür spricht, dass die Myopen weder klüger noch fleissiger wie die übrigen Schüler zu sein pflegen.

Bei den Lichtmessungen, die ich in meiner eigenen Wohnung mit dem Raumwinkelmesser angestellt habe, fand ich im Studierzimmer auf dem dicht am Fenster stehenden Schreibtische 65 Raumwinkelgrade, auf einem 2^m vom Fenster entfernten Tisch 9 Grade vom directen Himmelslichte getroffen, während mehr als 2^m von der Fensterwand entfernt kein directes Himmelslicht mehr einfällt. In dem Esszimmer, einem sogenannten

„Berliner Zimmer", erhält der Fensterplatz 59 Raumwinkelgrade directes Himmelslicht, das ganze übrige Zimmer liegt $^1/_2{}^m$ vom Fenster entfernt in tiefes Dunkel gehüllt, und in den anderen nach einem schmalen Hofe gehenden Zimmern ist es nicht viel besser. Wenn die Beleuchtungsverhältnisse in dieser an einer breiten Strasse und im zweiten Stockwerk liegenden Wohnung so ungünstig sind, so kann man sich eine Vorstellung von der Dunkelheit machen, welche erst in den im Erdgeschosse und im ersten Stockwerk belegenen Wohnungen herrschen muss, zumal wenn ihre Fenster nach schmalen Strassen oder engen Höfen hinaus gehen.

Wird bei künstlichem Lichte gearbeitet, was ja im Winter stets, im Sommer sehr häufig der Fall sein wird, so wird wohl nur in den besser gestellten Familien jedem Kinde beim Arbeiten eine Lichtquelle von mindestens 10 Meterkerzen gewährt werden können. Vielfach wird sich die ganze Familie mit einer gemeinsamen Lampe begnügen müssen.

Noch schlimmer steht es erfahrungsgemäss mit den Subsellien. Die wenigsten Familien sind in der Lage, sich die immerhin nicht geringe Ausgabe eines zweckmässigen Haussubselliums zu gestatten, zumal wenn die Anzahl der Kinder wächst. Dann aber müssen diese Subsellien, wenn sie nutzbar bleiben sollen, von Zeit zu Zeit dem Wachsthum der Kinder entsprechend verstellt werden. Dies aber pflegt, wie ich aus eigener Erfahrung bestätigen kann, selbst in hochgebildeten Familien zu unterbleiben, weil dem Laien der Grundgedanke der körpergemässen Sitzbank nicht klar zu sein pflegt.

Wo aber solche Subsellien fehlen, und dies ist, wie gesagt, in den meisten Familien der Fall, da könnte man dem Kinde durch Auflegen von Kissen auf den Stuhl eine passende „Differenz" und durch Unterschieben des Stuhls unter den Tisch eine negative „Distanz" geben. Allein dies geschieht gewiss höchst selten. Vielmehr sitzen die meisten Kinder an den in der Regel sehr hohen Familientischen auf verhältnissmässig niedrigen Stühlen, während diese weit vom Tische abgerückt zu sein pflegen. Uebermässige Vorbeugung des Kopfes, übermässige Accommodation, Anlegen der Brust gegen den Tisch u. s. w. werden nicht ausbleiben. Der unter Knaben wie Mädchen weitverbreiteten Neigung, bei Dämmerlicht zu lesen, sei nur beiläufig Erwähnung gethan.

So wichtig und nothwendig daher der Kampf für gute Beleuchtung und gute Subsellien in der Schule ist, so wird er doch so lange ohne Aussicht auf Erfolg bleiben, als es nicht gelingt, das grosse Publikum von der Nothwendigkeit dieser hygienischen Forderungen zu überzeugen und zu veranlassen, den Kindern das auch im eigenen Hause zu gewähren, was für die Schule als nothwendig erkannt worden ist.

Ausserordentlich zweckmässig erscheint mir daher eine Einrichtung, welche ich im Leibniz-Gymnasium gefunden habe. Dort sind die Classen auch ausser der Schulzeit geöffnet, und es ist den Schülern gestattet, in denselben ihre Schularbeiten zu machen. Müssen häusliche Arbeiten sein, und wie gesagt, ich halte sie für unumgänglich nothwendig, so lasse man sie in der Schule anfertigen, wo dem Schüler gute Luft, gutes Licht und, was ihm in dem eigenen Heim leider so häufig fehlt, Ruhe und Stille geboten werden kann. Ob sich die Einführung von solchen Arbeitsstunden, die natürlich das nothwendige Maass nicht überschreiten dürften und von Lehrern beaufsichtigt werden müssten, vom pädagogischen Standpunkte empfehlen würde, entzieht sich meiner Beurtheilung.

Ist die Kurzsichtigkeit eine Krankheit?

Wenn nun aber alle Schulen mit durchaus genügender Beleuchtung versehen und mit körpergemässen Subsellien ausgestattet werden würden, wenn die Schüler auch daheim genügendes Licht und gute Sitzplätze hätten, würde damit die Kurzsichtigkeit ganz aus der Welt geschafft werden?

Diese Frage beantworte ich mit „nein". So gut von den zahllosen Hypermetropen der ersten Kindheit die Mehrzahl mit der Zeit emmetropisch wird, so gut wird eine Anzahl der Kinder allmählich myopisch. Dies halte ich für ein Opfer, das wir der Bildung bringen müssen, und das ebenso nothwendig gebracht werden muss, als wir gezwungen und gern erbötig sind, eventuell unser Leben für die Ehre und den Bestand des Vaterlandes dahinzugeben. Das ist aber auch nicht ein so grosses Unglück, wie das vielfach hingestellt wird. Man beruft sich dabei auf den grossen Donders, der gesagt hat: „Ich spreche also ohne Zaudern aus, dass ein myopisches Auge ein krankes Auge ist." Dieser an sich entschieden richtige Ausspruch ist doch sehr cum grano salis zu verstehen.

Freilich, wenn die Myopie progressiv wird, wenn sie zu anatomisch nachweisbaren Veränderungen am hinteren Theile des Augapfels führt, dann ist sie bedenklich und kann zu allmählichem Verfall des Sehvermögens, sogar zur Blindheit führen. Indessen darf man die Häufigkeit dieses Vorkommnisses doch nicht überschätzen. Magnus[1] fand myopische Aderhautentzündung als Grund doppelseitiger Blindheit unter 2528 untersuchten Fällen 24 mal, d. h. in 0·94 Procent der Fälle, unter ihnen aber befanden sich 19 Kranke mit nachweislich angeborener Myopie.

Bedenklich wird eine Myopie, wenn eine Herabsetzung des Sehvermögens eintritt, die ja nicht ausbleiben kann, sobald es zu entzündlichen

[1] D. R. Magnus, *Die Blindheit, ihre Entstehung u. Verhütung.* Breslau 1883.

oder atrophischen Vorgängen in der Ader- bezw. Netzhaut des Auges kommt. Unter den 852 Myopen, welche ich auf den beiden Gymnasien fand, hatten nur 199 = 23·2 Procent, also wenig mehr als $^1/_5$, weniger als volles, und von ihnen nur 31 = 3·6 Procent, d. h. etwa $^1/_{30}$, weniger als halbes Sehvermögen. Die Mehrzahl dieser Fälle kamen schon in den unteren Classen zur Beobachtung, sind also unzweifelhaft nicht sowohl der Schule als vielmehr anderen Verhältnissen, u. a. der Erblichkeit zur Last zu legen. 247 = 29·1 Procent dagegen hatten volles Sehvermögen, 388 = 45·5 Procent ein Sehvermögen zwischen 1 und $1^1/_2$, 18 = 2·1 Procent sogar mehr als $1^1/_2$. Bei ihnen allen kann von Krankheit des Auges nicht die Rede sein, ist vielmehr der myopische Brechungszustand ebenso physiologisch wie bei anderen Schülern mit gutem Sehvermögen der emmetropische.

Selbstverständlich habe ich bei jedem Auge den ophthalmoskopischen Befund notirt. Die Beziehungen desselben zur Myopie, besonders zu den Fällen von erblicher Kurzsichtigkeit, behalte ich mir vor, an anderer Stelle zu besprechen.

Ergebnisse.

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen fasse ich in folgenden Sätzen zusammen.

1) Ein Einfluss der Nationalität auf die Entstehung der Kurzsichtigkeit war auf beiden Gymnasien bezüglich der Juden und Nichtjuden erkennbar, jedoch verhältnissmässig gering. Dasselbe gilt von den blonden und dunklen unter den nichtjüdischen Schülern.

2) Der Knochenbau des Gesichtsschädels steht in einem gewissen, jedoch noch näher zu erforschenden Verhältnisse zum Brechungszustande der Augen. Eine niedere Augenhöhle und ein verhältnissmässig niedriges Gesicht finden sich bei kurzsichtigen Augen häufig, sind jedoch keineswegs Bedingung für die Entstehung der Kurzsichtigkeit, da ein entsprechender Schädelbau auch sehr oft ohne Kurzsichtigkeit vorkommt.

3) Die Erblichkeit spielt eine grosse Rolle bei der Entstehung der Kurzsichtigkeit. Kinder mit kurzsichtigen Eltern haben die meiste Aussicht, kurzsichtig zu werden, wenn beide Eltern, etwas weniger, wenn nur die Mutter, noch weniger, wenn nur der Vater kurzsichtig ist. Knaben mit kurzsichtigen Eltern sind doppelt, Mädchen viermal so stark zu Kurzsichtigkeit veranlagt als Söhne bezw. Töchter nicht kurzsichtiger Eltern.

4) Eine geringere Disposition der Mädchen zur Kurzsichtigkeit als der Knaben besteht nicht. Eher werden, unter Voraussetzung der gleichen äusseren Bedingungen, mehr Mädchen als Knaben der Kurzsichtigkeit anheimfallen.

5) Den stärksten Einfluss auf die Entstehung der Kurzsichtigkeit hat der Beruf, bezw. die Vorbildung zu demselben, insofern als dabei häufige und dauernde Accommodation der Augen bei starker Convergenz der Sehlinien, d. h. Nahearbeit mit geistiger Anstrengung erforderlich ist.

6) Der schädliche Einfluss der Nahearbeit wird verstärkt durch unzweckmässige Sitzvorrichtungen, ungenügende Beleuchtung und Lehrmittel, welche wegen ihrer Farbe (dunkle Schiefertafeln, schlechtes Papier) oder Form (zu kleiner Druck u. dgl. m.) zu hohe Anforderungen an die Augen stellen.

Forderungen.

Wenn ich mir gestatte, aus den vorstehenden Sätzen einige Folgerungen zu ziehen bezüglich des Baues und der Einrichtungen der Schule, in der ja das heranwachsende Geschlecht den grössten Theil seiner geistigen Ausbildung erhält, so bin ich mir zwar bewusst, nichts Neues zu sagen, halte es aber gegenüber den thatsächlich bestehenden Verhältnissen nicht für überflüssig, die Nothwendigkeit dieser Forderungen auch meinerseits zu betonen.

1) Die Beleuchtung der Schulen ist so ausgiebig wie möglich, jedoch wenigstens so einzurichten, dass auch der dunkelste Platz bei trübem Wetter mindestens so viel Licht erhält, als 10 Meterkerzen entspricht.

Daher soll die Glasfläche der Fenster sich zu der Bodenfläche der Classenzimmer verhalten mindestens wie 1 : 5. Niedere und breite Fenster, welche möglichst nahe der Decke liegen, sind hohen und schmalen Fenstern vorzuziehen. Die Fensterrahmen und Fensterkreuze sind in Eisen zu construiren; zwischen den einzelnen Fenstern sollen sich keine breiten Pfeiler befinden, statt deren vielmehr schmale eiserne Träger verwendet werden.

Die Schulgebäude sollen womöglich auf freien Plätzen liegen, und ist darauf zu achten, dass die Schulzimmer nicht durch Nachbargebäude, Bäume u. dgl. m. verdunkelt werden.

2) Die Schulen sind mit körpergemässen Subsellien auszustatten, und zwar jede Classe mit drei, dem Durchschnittsmaasse der Schüler entsprechenden Grössen. Behufs einer richtigen Auswahl der Subsellien sind sämmtliche Schüler halbjährlich zu messen und nach ihrer Grösse zu setzen.

3) Beim Eintritt in die Schule müssen alle Kinder augenärztlich untersucht, und der Befund in eine namentliche Liste eingetragen werden. Diese Sehprüfungen müssen in bestimmten Zeiträumen, mindestens alljährlich wiederholt werden.

Schüler, bei denen die Kurzsichtigkeit als zunehmend erkannt wird, müssen auf jede Weise geschont werden (Wahl geeigneter Plätze, Dispensirung von gewissen schriftlichen Arbeiten, Kartenzeichnen u. dgl. m.).

Brillen dürfen nicht ohne ärztliche Verordnung getragen, jedoch auch nicht gegen ärztliche Anordnung verboten werden.[1]

4) In jedem Schulzimmer sind an geeigneten Stellen Sehproben aufzuhängen; können dieselben an dunklen Tagen nicht mehr in normaler Entfernung gelesen werden, so sind Schreib- und Leseübungen durch mündlichen Unterricht zu ersetzen.[2]

5) Die häuslichen Arbeiten sind auf das thunlichst geringste Maass zu beschränken. Die Anschaffung von körpergemässen Haussubsellien seitens der Familien sollen Lehrer und Aerzte mit allem Nachdrucke zu erreichen suchen. Die Einrichtung von Arbeitsstunden unter Aufsicht der Lehrer ist zu befürworten.

6) Schwarze Schiefertafeln sind zu beseitigen und durch weisse oder durch Papier zu ersetzen. Auf weisses Papier in den Schreibheften und Druckschriften, sowie auf schwarze Tinte und schwarzen Druck ist zu halten. Bücher mit engem Druck und schlechtem Papier sind aus der Schule zu verbannen.

Zum Schlusse ergreife ich die Gelegenheit, Sr. Excellenz dem Herrn Cultusminister von Gossler für die Ertheilung seiner hohen Genehmigung zur Vornahme dieser Untersuchungen meinen gehorsamsten Dank auch an dieser Stelle auszusprechen.

Ebenso verfehle ich nicht, Herrn Geheimrath Professor Dr. R. Koch für die Anregung zu dieser Arbeit und für die werthvollen Rathschläge, die er mir im Verlaufe derselben ertheilte, gehorsamst zu danken.

Herrn Dr. von Esmarch, welcher mir die Verwerthung seiner Fragebogen freundlichst gestattete, sowie den Herren Unterärzten Dr. Plagmann und Dr. Richter, welche mich bei der Untersuchung der 9 untersten Classen des Friedrichs-Gymnasiums mit Eifer und Sachkenntniss unterstützten, spreche ich meinen verbindlichsten Dank aus.

Endlich betrachte ich es als eine angenehme Pflicht, den Directoren der beiden Gymnasien, Herren Dr. Kempff und Dr. Friedländer, für ihr liebenswürdiges Entgegenkommen und die Förderung, welche sie mir während meiner Untersuchungen unausgesetzt angedeihen liessen, auch an dieser Stelle verbindlichst zu danken.

---

[1] Verfasser kennt einen Waisenhausdirector in Berlin, der den ihm unterstellten Zöglingen das Tragen von Brillen ein für allemal verbietet, auch wenn sie ein ärztliches Attest vorlegen, das die Brille für nothwendig erklärt.

[2] Die Forderung Dr. von Hoffmann's, den Unterricht ganz schliessen zu lassen, wenn die Sehproben in Folge des Sinkens der Beleuchtung in normaler Entfernung von normalsichtigen Augen nicht mehr gelesen werden können, scheint mir etwas zu weit zu gehen.

Tabelle I.

Rauminhalt der Schulzimmer.

Friedrichs-Gymnasium.

Classe	Länge	Breite	Höhe	Boden-fläche	Cubik-inhalt	Zahl der Sitz-plätze	Zahl der Schü-ler	Luftraum für jeden Sitz-platz	Luftraum für jeden Schü-ler
	der Schulzimmer								
	m	m	m	qm	cbm			cbm	cbm
3. Vorschulclasse	6·9	6·13	3·76	42·3	159·0	70	60	2·27	2·65
2. „	7·3	6·13	3·76	44·7	168·3	82	60	2·05	2·76
1. „	7·22	6·13	3·76	44·3	166·4	65	64	2·56	2·6
Sexta *b*	7·5	6·0	3·76	45·0	169·2	60	49	2·82	3·45
„ *a*	7·5	6·0	3·76	45·0	169·2	61	38	2·77	4·45
Quinta *b*	7·3	6·13	3·76	44·7	168·3	61	40	2·76	4·21
„ *a*	7·5	6·0	3·76	45·0	169·2	63	51	2·69	3·32
Quarta *b*	6·9	6·13	3·76	42·3	159·0	54	34	2·94	4·68
„ *a*	7·5	6·0	3·76	45·0	169·2	61	35	2·77	4·83
Untertertia *b*	7·5	6·0	3·76	45·0	169·2	63	43	2·76	3·94
„ *a*	7·5	6·0	3·7	45·0	166·5	63	47	2·64	3·54
Obertertia *b*	7·5	6·0	3·7	45·0	166·5	53	40	3·14	4·16
„ *a*	7·5	6·0	3·7	45·0	166·5	48	35	3·47	4·76
Untersecunda *b*	6·9	6·13	3·7	42·3	160·2	47	24	3·41	6·67
„ *a*	7·3	6·13	3·7	44·7	165·6	47	25	3·52	6·62
Obersecunda	7·75	5·67	3·74	43·9	164·3	41	34	4·0	4·83
Unterprima	7·75	5·9	3·74	45·7	171·0	35	20	4·9	8·55
Oberprima	7·72	5·81	3·74	44·9	167·8	40	24	4·2	6·99

Leibniz-Gymnasium.

Classe	Länge	Breite	Höhe	Boden-fläche	Cubik-inhalt	Zahl der Sitz-plätze	Zahl der Schü-ler	Luftraum für jeden Sitz-platz	Luftraum für jeden Schü-ler
3. Vorschulclasse	8·85	6·55	3·95	58·0	229·0	54	49	4·2	4·67
2. „	8·55	6·55	3·95	56·0	220·2	54	55	4·1	4·0
1. „	8·85	6·55	3·95	58·0	229·0	54	55	4·2	4·16
Sexta *b*	8·65	6·55	3·95	56·7	223·8	54	43	4·1	5·2
„ *a*	8·85	6·55	3·95	58·0	229·0	54	41	4·2	5·59
Quinta *b*	8·65	6·55	3·95	56·7	223·8	54	46	4·1	4·87
„ *a*	8·85	6·55	3·95	58·0	229·0	54	51	4·2	4·49
Quarta *b*	8·85	6·55	4·0	58·0	231·9	54	40	4·3	5·8
„ *a*	8·55	6·55	4·0	56·0	224·0	54	43	4·1	5·21
Untertertia *b*	8·85	6·55	4·0	58·0	231·9	48	37	4·7	6·26
„ *a*	8·1	6·55	4·0	53·1	212·2	48	31	4·4	6·85
Obertertia *b*	8·85	6·55	4·0	58·0	231·9	54	26	4·3	8·92
„ *a*	8·75	6·55	4·0	57·3	229·3	54	22	4·2	10·4
Untersecunda *b*	8·85	6·55	4·0	58·0	231·9	40	25	5·8	9·28
„ *a*	8·65	6·55	4·0	56·7	226·6	48	39	4·8	5·81
Obersecunda	8·65	6·55	4·0	56·7	226·6	48	37	4·8	6·12
Unterprima	8·85	6·55	4·0	58·0	231·9	40	24	5·8	9·66
Oberprima	5·78	6·55	4·0	37·9	151·4	22	19	6·9	7·97

Tabelle II.

Fenster und Tagesbeleuchtung der Schulzimmer.

Friedrichs-Gymnasium.

Classe	Fenster: Zahl	Fenster: Breite m	Fenster: Höhe m	Fenster: Glasfläche qm	Verhältniss d. Glasfläche zur Bodenfläche	Verhältniss der Höhe der Fenst. z. Tiefe des Zimmers	Sitzplätze: Zahl	Sitzplätze: m. weniger als 50 Raumwinkelgrad	Sitzplätze: Proc.
3. Vorschulclasse	3	1·18	2·28	6·87	1:6·2	1:2·69	70	7	10·0
2. „	3	1·18	2·28	6·87	1:6·5	1:2·69	82	2	2·4
1. „	3	1·18	2·28	6·87	1:6·5	1:2·69	65	13	20·0
Sexta *b*	3	1·18	2·28	6·87	1:6·5	1:2·63	60	34	56·7
„ *a*	3	1·18	2·28	6·87	1:6·5	1:2·63	61	47	77·0
Quinta *b*	3	1·18	2·28	6·87	1:6·5	1:2·69	61	—	—
„ *a*	3	1·18	2·28	6·87	1:6·5	1:2·63	63	14	22·2
Quarta *b*	3	1·18	2·28	6·87	1:6·2	1:2·69	54	—	—
„ *a*	3	1·18	2·28	6·87	1:6·5	1:2·63	61	35	57·4
Untertertia *b*	3	1·18	2·28	6·87	1:6·5	1:2·63	63	29	46·0
„ *a*	3	1·16	2·35	6·65	1:6·8	1:2·55	63	25	39·7
Obertertia *b*	3	1·16	2·35	6·65	1:6·8	1:2·55	53	—	—
„ *a*	3	1·16	2·35	6·65	1:6·8	1:2·55	48	16	33·3
Untersecunda *b*	3	1·16	2·35	6·65	1:6·4	1:2·61	47	1	2·1
„ *a*	3	1·16	2·35	6·65	1:6·7	1:2·61	47	—	—
Obersecunda	3	1·18	2·30	6·93	1:6·3	1:2·47	41	19	46·3
Unterprima	3	1·18	2·30	6·93	1:6·6	1:2·57	35	1	2·9
Oberprima	3	1·18	2·30	6·93	1:6·5	1:2·53	40	1	2·5

Leibniz-Gymnasium.

Classe	Fenster: Zahl	Fenster: Breite m	Fenster: Höhe m	Fenster: Glasfläche qm	Verhältniss d. Glasfläche zur Bodenfläche	Verhältniss der Höhe der Fenst. z. Tiefe des Zimmers	Sitzplätze: Zahl	Sitzplätze: m. weniger als 50 Raumwinkelgrad	Sitzplätze: Proc.
3. Vorschulclasse	3	1·28	2·52	8·25	1:7	1:2·6	54	9	16·7
2. „	3	1·28	2·52	8·25	1:6·8	1:2·6	54	9	16·7
1. „	3	1·28	2·52	8·25	1:7	1:2·6	54	1	1·9
Sexta *b*	3	1·28	2·52	8·25	1:6·9	1:2·6	54	3	5·6
„ *a*	3	1·28	2·52	8·25	1:7	1:2·6	54	7	13·0
Quinta *b*	3	1·28	2·52	8·25	1:6·9	1:2·6	54	—	—
„ *a*	3	1·28	2·52	8·25	1:7	1:2·6	54	2	3·7
Quarta *b*	3	1·28	2·52	8·25	1:7	1:2·6	54	8	14·8
„ *a*	3	1·28	2·52	8·25	1:6·8	1:2·6	54	8	14·8
Untertertia *b*	3	1·28	2·52	8·25	1:7	1:2·6	48	—	—
„ *a*	2	2·0	2·44	8·17	1:6·5	1:2·68	48	7	14·6
Obertertia *b*	3	1·28	2·52	8·25	1:7	1:2·6	54	—	—
„ *a*	3	1·28	2·52	8·25	1:6·9	1:2·6	54	—	—
Untersecunda *b*	3	1·28	2·52	8·25	1:7	1:2·6	40	1	2·5
„ *a*	3	1·28	2·52	8·25	1:6·9	1:2·6	48	4	8·3
Obersecunda	3	1·28	2·52	8·25	1:6·9	1:2·6	48	—	—
Unterprima	3	1·7	2·36	9·81	1:5·9	1:2·78	40	—	—
Oberprima	2	1·7	2·36	6·54	1:5·8	1:2·78	22	—	—

Tabelle III. Schwankungen der Körper

Friedrichs-

Körpergrösse in Centimeter	3.	2.	1.	Sexta		Quinta		Quarta	
	Vorschulclasse			*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*
106—110	7	1							
111—115	17	7	3						
116—120	28	16	11	2					
121—125	5	22	17	8	3				
126—130	3	9	18	14	9	5	3	1	1
131—135		5	11	9	5	14	13	3	4
136—140			4	6	14	11	17	11	4
141—145				7	4	6	6	5	10
146—150				3	2	2	4	6	9
151—155					1	2	8	5	2
156—160								2	5
161—165								1	
166—170									
171—175									
176—180									
181—185									
186—190									
Summa	60	60	64	49	38	40	51	34	35
Unterschied der Körpergrösse	22	25	25	30	31	24	29	33	29

Leibniz-

Körpergrösse in Centimeter	3.	2.	1.	Sexta *b*	Sexta *a*	Quinta *b*	Quinta *a*	Quarta *b*	Quarta *a*
106—110	2								
111—115	10	1	1						
116—120	13	11	1						
121—125	15	20	5		1				
126—130	4	13	18	6	6	2	1		
131—135	1	8	21	11	10	9	8	2	2
136—140		1	8	14	12	20	13	13	6
141—145			—	8	7	8	10	9	10
146—150			1	1	4	7	11	7	13
151—155							3	6	5
156—160							3	1	5
161—165							1	1	2
166—170								1	
171—175									
176—180									
181—185									
186—190									
Summa	45	54	55	40	40	46	50	40	43
Unterschied der Körpergrösse	28	28	34	21	25	23	32	36	30

grösse der Schüler nach Classen.

Gymnasium.

Untertertia		Obertertia		Untersecunda		Ober-secunda	Unter-prima	Ober-prima	Summa
b	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*				
									8
									27
									57
				1					56
1	1			—					65
2	3			—					69
9	4	2	4	1		1[1]			88
9	9	3	1	—	2	1			63
8	9	8	3	—	—	—			54
6	7	5	5	4	2	2	1	1	51
4	7	6	7	3	5	2	—	1	42
2	3	11	5	6	3	6	3	3	43
2	2	4	5	6	4	9	7	6	45
	1	1	5	2	5	8	5	4	31
	1			1	4	5	3	5	19
							1	3	4
43	47	40	35	24	25	34	20	23	722
41	47	37	38	54	33	35	28	28	

Gymnasium.

Untertertia *b*	Untertertia *a*	Obertertia *b*	Obertertia *a*	Untersecunda *b*	Untersecunda *a*	Obersecunda	Unterprima	Oberprima	Summa
									2
									12
									25
									41
									50
1	1								74
2	1	1			1[1]				92
6	4	2			—				64
10	6	2	1	1[1]	—	1			65
6	10	6	4	1	2	1			44
5	5	7	3	2	2	1		2	36
4	2	4	3	4	13	4	5	—	43
1	2	2	5	7	4	14	6	8	50
—		—	4	5	9	11	7	6	42
1		—	2	3	5	4	3	3	21
		1			3		2		6
							1		1
36	31	25	22	23	39	36	24	19	668
43	34	47	31	24	26	28	27	22	

[1] verwachsen.

Tabelle IV. Länge des Unterschenkels, des Oberschenkels und der

Friedrichs-

Länge d. Unterschenkels Cm	3.	2.	1.	Sexta		Quinta	
	Vorschulclasse			*b*	*a*	*b*	*a*
31—32	7	1					
33—34	12	8	5	1			
35—36	24	18	23	7	2		
37—38	11	21	17	10	7	8	3
39—40	6	9	16	13	19	13	15
41—42		3	2	9	9	9	14
43—44			1	5	1	7	10
45—46				2		2	4
47—48				2		1	5
49—50							
51—52							
53—54							
55—56							
57—58							
Summa	60	60	64	49	38	40	51
Minimum der Länge des Unterschenkels	31	32	33	34	36	37	37
Maximum der Länge des Unterschenkels	40	41	43	47	43	47	48
Unterschied der Länge des Unterschenkels	9	9	10	13	7	10	11
Höhe der Bänke	36·5	36·5	36·5	41	40·5	46	48
Minimum der Länge des Oberschenkels	21·2	21·6	21·8	23·4	24·2	25·6	25·2
Maximum der Länge des Oberschenkels	25·6	26·6	27·8	29·4	30,4	30·4	31·0
Unterschied der Länge des Oberschenkels	4·4	5·0	6·0	6·0	6·2	4·8	5·8
Breite der Bänke	25·5	25·5	25·5	27	27	27	27
„Distanz“	+ 9	+ 8½—9	+ 9	+ 12½—13	+ 13—16	+ 15—18	+ 11—12
Minimum der „Differenz“ der Schüler	16·1	16·4	17·2	17·6	18·1	19·1	18·8
Maximum der „Differenz“ der Schüler	19·1	19·7	20·5	21·6	22·3	22·3	22·7
Unterschied der „Differenz“ der Schüler	3·0	3·3	3·3	4·0	4·2	3·2	3·9
„Differenz“ der Bänke	22·5	22·5	22·5	29·5	29·5	29·5	28
Breite der Tischplatte	31·5	31·5	33	31·5	31·5	32·5	31·5

„Differenz“ der Schüler im Verhältniss zu den Maassen der Schultische.

Gymnasium.

Quarta		Untertertia		Obertertia		Untersecunda		Ober-secunda	Unter-prima	Ober-prima	Summa
b	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*				
											8
											26
		1				1					76
1		—	1	2		—					81
5	6	2	2	1	1	1		1			110
7	8	14	9	4	1	—		—			89
11	8	11	11	9	7	1	3	1		1	87
3	7	6	11	12	5	6	4	3	2	2	69
6	3	6	7	6	11	8	6	4	6	5	76
1	2	3	5	3	7	5	7	13	6	5	57
	1		1	2	3	1	3	9	4	3	27
				1		1	1	1	2	4	10
							1	2		2	5
										1	1
34	35	43	47	40	35	24	25	34	20	23	722
38	39	36	38	38	39	35	43	40	46	43	
49	51	50	51	53	52	53	55	56	54	57	
11	12	14	13	15	13	18	12	16	8	14	
46	46·5	42	46·5	46	47	47	48	46·5	46·5	46·5	
25·8	26·0	25·2	26·0	27·4	27·2	24·4	29·0	29·0	31·0	30·8	
32·4	31·8	33·4	35·4	34·8	34·8	35·2	35·6	36·0	36·6	36·4	
6·6	5·8	8·2	9·4	7·4	7·6	10·8	6·6	7·0	5·6	5·6	
27	26·5	27	27	24·5	28	29	29	29	28	29·5	
+ 15—18	+ 12—15	+ 13—18	+ 15—19	+ 11—13	+ 14—16	+ 9—16	+ 13—16	+ 9—13	+ 10—13	+ 16—22	
19·2	19·3	18·8	19·3	20·3	20·1	18·3	21·3	21·3	22·7	22·5	
23·6	23·2	24·3	25·6	25·2	25·2	25·5	25·7	26·0	26·4	26·3	
4·4	3·9	5·5	6·3	4·9	5·1	7·2	4·4	4·7	3·7	3·8	
30	30	29	30·5	31	29	28	29	30	30	30	
32·5	31·5	31·5	31·5	36·5	35·0	37·5	35·5	36·5	37	40	

Tabelle IV. Länge des Unterschenkels, des Oberschenkels und der

Leibniz-

Länge d. Unterschenkels Cm	3. Vorschulclasse	2. Vorschulclasse	1. Vorschulclasse	Sexta b	Sexta a	Quinta b	Quinta a
31—32	5						
33—34	16	2	2				
35—36	16	16	2			1	
37—38	7	18	11	4	2	—	
39—40	1	14	21	10	6	8	6
41—42		3	15	15	11	11	7
43—44		—	3	8	13	17	15
45—46		1	1	2	6	6	10
47—48				1	2	2	5
49—50						1	4
51—52							2
53—54							—
55—56							1
57—58							
Summa	45	54	55	40	40	46	50
Minimum der Länge des Unterschenkels	31	33	33	37	38	35	39
Maximum der Länge des Unterschenkels	40	45	45	47	47	49	55
Unterschied der Länge des Unterschenkels	9	12	12	10	9	14	16
Höhe der Bänke	34	34	34	39	38	38	38·5
Minimum der Länge des Oberschenkels	21·2	22·4	23·0	25·2	25·0	25·4	26·0
Maximum der Länge des Oberschenkels	26·8	28·0	29·8	29·4	30·0	30·0	32·4
Unterschied der Länge des Oberschenkels	5·6	5·6	6·8	4·2	5·0	4·6	6·4
Breite der Bänke	26	26	26	28·5	28·5	28	28·5
„Distanz"	+ 9—10	+ 9—11	+ 9—15	+ 8—10	+ 8—11	+ 9—16	+ 9—19
Minimum der „Differenz" der Schüler	16·1	16·9	17·3	18·8	18·7	18·9	19·3
Maximum der „Differenz" der Schüler	19·9	20·7	21·9	21·6	22·0	22·0	23·6
Unterschied der „Differenz" der Schüler	3·8	3·8	4·6	2·8	3·3	3·1	4·3
„Differenz" der Bänke	26	26	25·5	27	27	27	26·5
Breite der Tischplatte	34	34	34	37	37·5	37	36·5

„Differenz“ der Schüler im Verhältniss zu den Maassen der Schultische.

Gymnasium.

Quarta		Untertertia		Obertertia		Untersecunda		Ober-secunda	Unter-prima	Ober-prima	Summa
b	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*				
											5
											20
											35
											42
	1			1							68
5	1	4	1	2							75
14	8	7	6	1	1						93
13	15	6	6	2	—			1		1	70
5	9	9	11	8	8	2	1	3	1	2	69
1	6	7	6	9	5	10	12	11	7	7	86
1	3	1	1	1	4	7	12	10	5	4	51
1		1		—	3	3	8	7	5	5	33
		1		1	1	1	5	3	5		18
							1	1	1		3
40	43	36	31	25	22	23	39	36	24	19	688
42	40	41	42	40	44	47	47	46	48	46	
53	52	56	51	56	55	55	57	57	58	54	
11	12	15	9	16	11	8	10	11	10	8	
41	41	43	42	41·5	41	46	45·5	46	46	46	
26·8	26·6	27·0	27·0	27·4	29·4	31·0	31·0	30·0	32·4	31·6	
34·0	32·6	35·6	33·8	36·8	35·6	35·8	36·2	35·6	37·6	36·0	
7·2	6·0	8·6	6·8	9·4	6·2	4·8	5·2	5·6	5·2	4·4	
30	29·5	29	29·5	29	29·5	31·5	31	31	51	31	
+ 8—15	+ 9—20	+ 13—22	+ 10—13	+ 10—12	+ 10—13	+ 13—15	+ 13—16	+ 13—16	+ 14—17	+ 14—15	
19·9	19·7	20·0	20·0	20·3	21·6	22·7	22·7	22·0	23·5	25·1	
24·7	23·7	25·7	24·5	26·5	25·7	25·9	26·1	25·7	27·4	26·0	
4·8	4·0	5·7	4·5	6·2	4·1	3·2	3·4	3·7	3·9	2·9	
28	28·5	29	29·5	28	28	29	29·5	29	28	28·5	
40	40	40	40	40·5	40·5	41·5	42	42	42	42	

Tabelle V.

Hypermetropen, Emmetropen, Myopen und farbenblinde Schüler in den einzelnen Classen.

Friedrichs-Gymnasium.

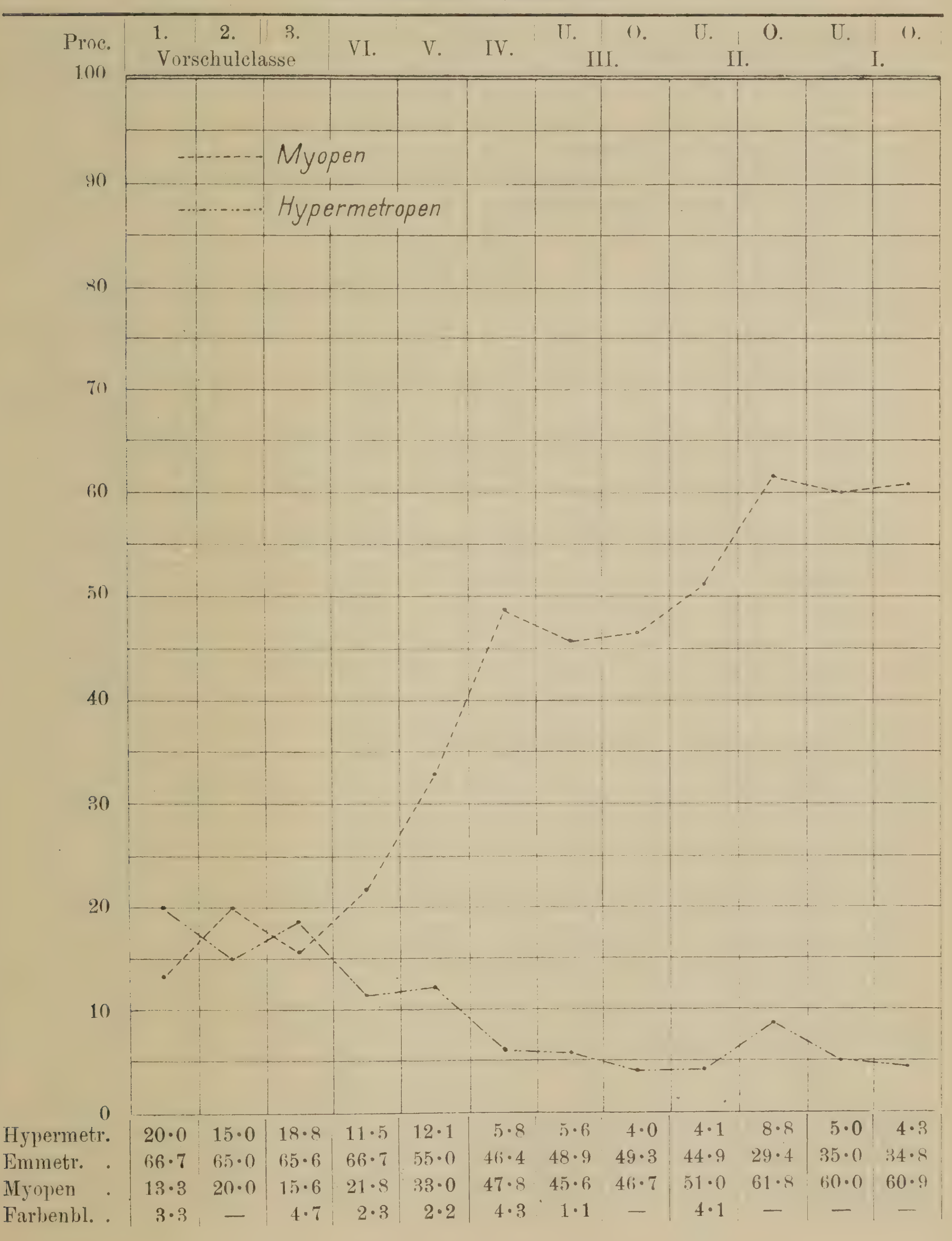
Classe	Zahl d. Schüler	Hypermetropen		Emmetropen		Myopen										Farbenblinde	
						Zahl					Procent						
		Zahl	Procent	Zahl	Procent	0—1 Dioptrien	1—4 Dioptrien	4—8 Dioptrien	über 8	Summa	0—1 Dioptrien	1—4 Dioptrien	4—8 Dioptrien	über 8	Summa	Zahl	Procent
3. Vorschulcl.	60	12	20·0	40	66·7	3	4	1	—	8	5·0	6·7	1·7	—	13·3	2	3·3
2. „	60	9	15·0	39	65·0	5	7	—	—	12	8·2	11·7	—	—	20·0	—	—
1. „	64	12	18·8	42	65·6	4	5	1	—	10	6·3	7·8	1·6	—	15·6	3	4·7
Sexta . . .	87	10	11·5	58	66·7	6	8	4	1	19	6·9	9·2	4·6	1·1	21·8	2	2·3
Quinta . . .	91	11	12·1	50	55·0	11	13	5	1	30	12·1	14·3	5·5	1·1	33·0	2	2·2
Quarta . . .	69	4	5·8	32	46·4	9	19	4	1	33	13·0	27·5	5·8	1·4	47·8	3	4·3
Untertertia .	90	5	5·6	44	48·9	13	20	7	1	41	14·4	22·2	7·8	1·1	45·6	1	1·1
Obertertia . .	75	3	4·0	37	49·3	13	15	7	—	35	17·3	20·0	9·3	—	46·7	—	—
Untersecunda	49	2	4·1	22	44·9	3	15	6	1	25	6·1	30·6	12·2	2·0	51·0	2	4·1
Obersecunda .	34	3	8·8	10	29·4	3	14	4	—	21	8·8	41·2	11·8	—	61·8	—	—
Unterprima .	20	1	5·0	7	35·0	3	6	3	—	12	15·0	30·0	15·0	—	60·0	—	—
Oberprima .	23	1	4·3	8	34·0	2	6	4	2	14	8·7	26·1	17·4	8·7	60·9	—	—
Summa	722	73	10·1	389	53·9	75	132	46	7	260	10·4	18·3	6·4	0·8	36·0	15	2·1

Leibniz-Gymnasium.

Classe	Zahl d. Schüler	Hypermetropen Zahl	Hypermetropen Procent	Emmetropen Zahl	Emmetropen Procent	Myopen Zahl 0—1	Zahl 1—4	Zahl 4—8	Zahl über 8	Summa	Procent 0—1	Procent 1—4	Procent 4—8	Procent über 8	Summa	Farbenblinde Zahl	Farbenblinde Procent
3. Vorschulcl.	45	8	17·5	32	71·1	1	3	1	—	5	2·2	6·7	2·2	—	11·1	1	2·2
2. „	54	10	18·5	37	68·5	3	4	—	—	7	5·6	7·4	—	—	13·0	4	7·4
1. „	55	12	21·8	36	65·5	4	3	—	—	7	7·3	5·5	—	—	12·7	2	3·6
Sexta . . .	80	11	13·8	51	63·8	10	8	—	—	18	12·5	10·0	—	—	22·5	2	2·5
Quinta . . .	96	13	13·5	62	64·6	7	11	1	2	21	7·3	11·5	1·0	2·1	21·9	1	1·0
Quarta . . .	83	11	15·1	46	63·0	9	16	1	—	26	10·8	19·3	1·2	—	21·9	2	2·8
Untertertia .	67	8	11·9	38	56·7	7	14	—	—	21	10·4	20·8	—	—	31·3	—	—
Obertertia . .	47	3	6·4	15	31·9	4	19	5	1	29	8·5	40·4	10·6	2·1	61·7	—	—
Untersecunda	62	2	3·2	28	45·2	4	24	4	—	32	6·5	38·7	6·5	—	51·6	2	3·2
Obersecunda .	36	4	11·1	6	16·7	7	13	6	—	26	19·4	36·1	16·7	—	72·2	1	2·8
Unterprima .	24	2	8·3	5	20·8	1	13	3	—	17	4·2	54·2	12·5	—	70·8	—	—
Oberprima .	19	—	—	6	31·6	3	8	2	—	13	15·8	42·1	10·5	—	68·4	—	—
Summa	668	84	12·6	362	54·2	60	136	23	3	222	9·0	20·3	3·4	0·4	33·2	15	2·4

Curven zu Tabelle V. Hypermetropen, Emmetropen, Myopen und farbenblinde Schüler in den einzelnen Classen.

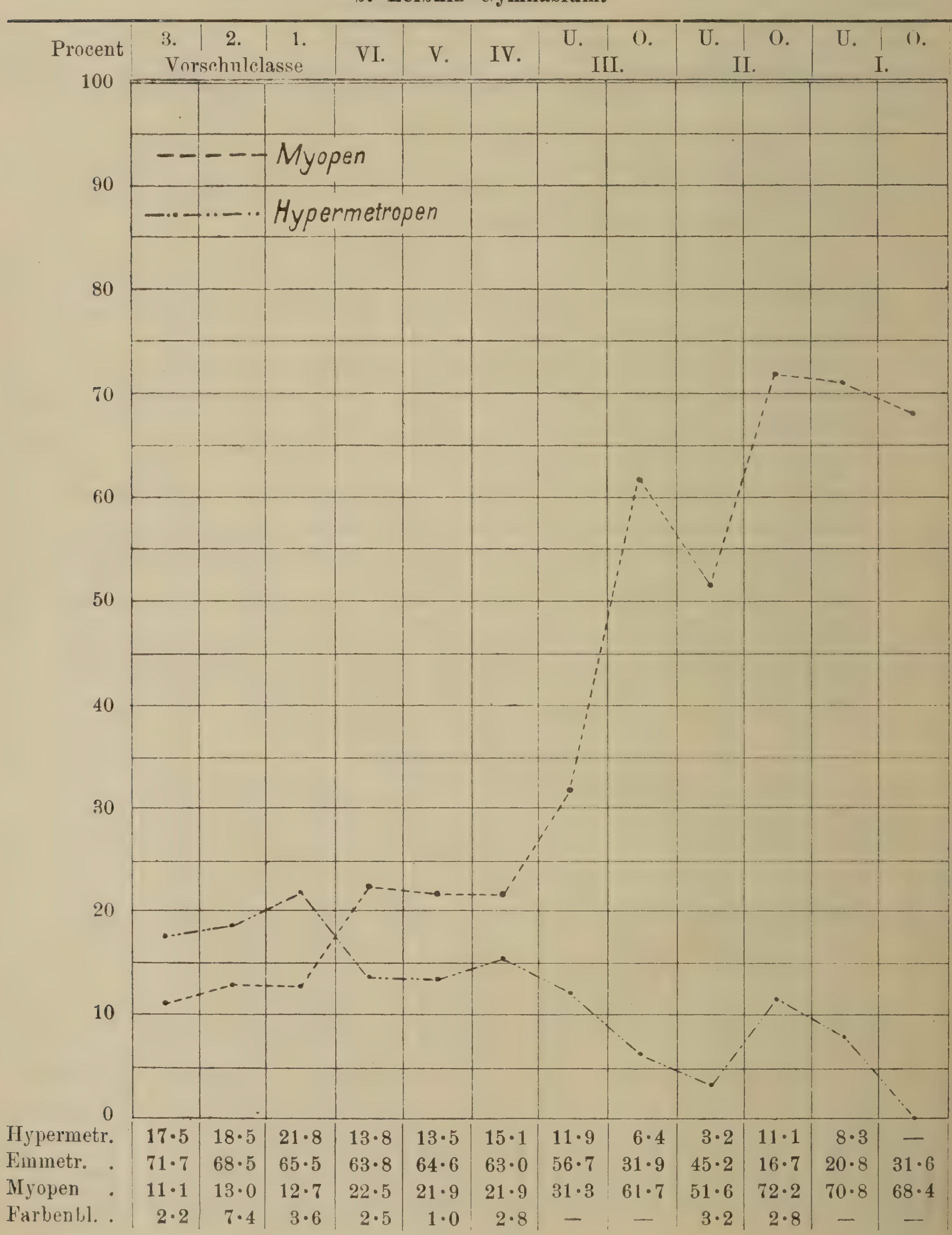
a. Friedrichs-Gymnasium.



	1. Vorschulcl.	2. Vorschulcl.	3. Vorschulcl.	VI.	V.	IV.	U. III.	O. III.	U. II.	O. II.	U. I.	O. I.
Hypermetr.	20·0	15·0	18·8	11·5	12·1	5·8	5·6	4·0	4·1	8·8	5·0	4·3
Emmetr. .	66·7	65·0	65·6	66·7	55·0	46·4	48·9	49·3	44·9	29·4	35·0	34·8
Myopen .	13·3	20·0	15·6	21·8	33·0	47·8	45·6	46·7	51·0	61·8	60·0	60·9
Farbenbl. .	3·3	—	4·7	2·3	2·2	4·3	1·1	—	4·1	—	—	—

Curven zu Tabelle V. Hypermetropen, Emmetropen, Myopen und farbenblinde Schüler in den einzelnen Classen.

b. Leibniz-Gymnasium.

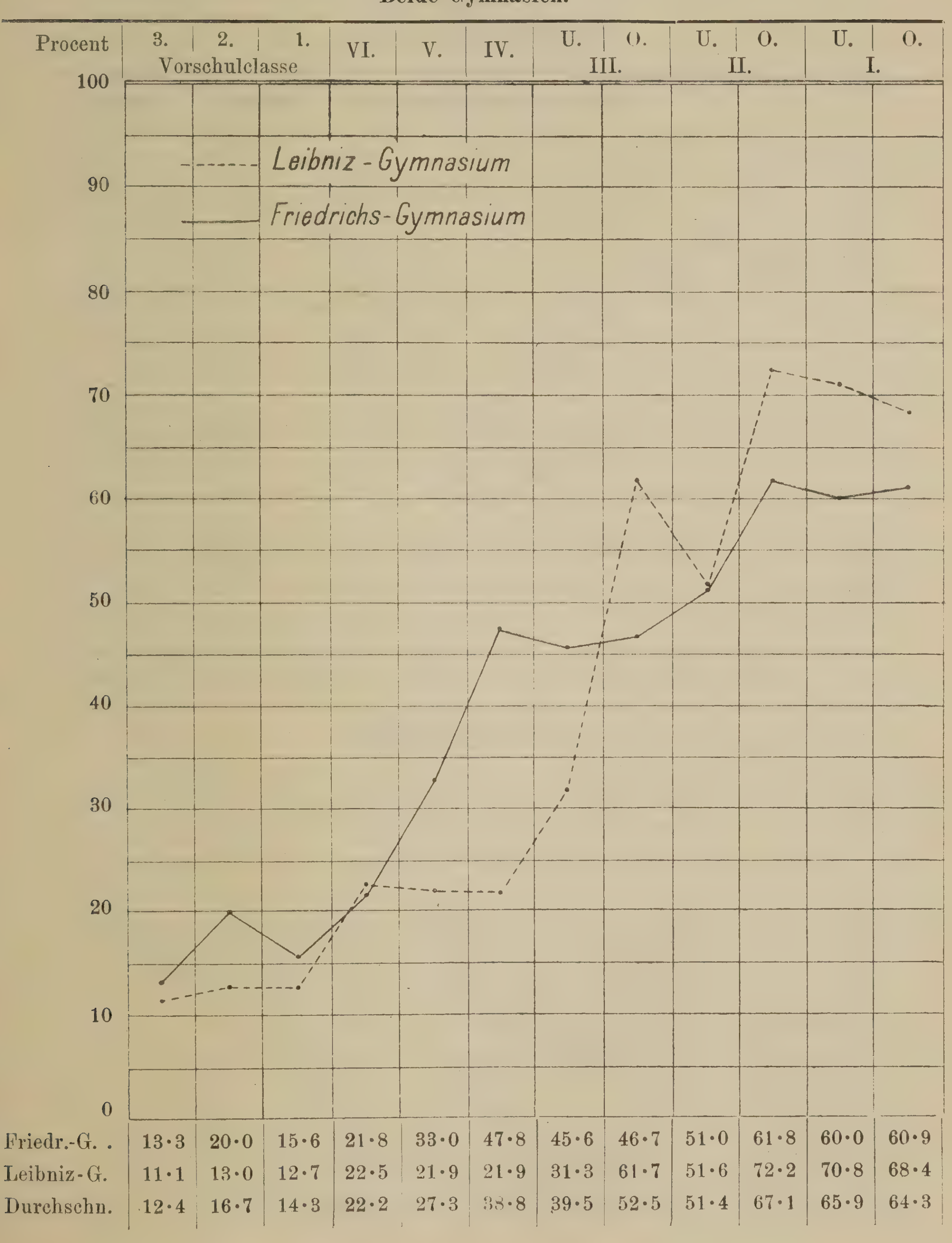


	3.	2.	1.	VI.	V.	IV.	U. III.	O. III.	U. II.	O. II.	U. I.	O. I.
Hypermetr.	17·5	18·5	21·8	13·8	13·5	15·1	11·9	6·4	3·2	11·1	8·3	—
Emmetr. .	71·7	68·5	65·5	63·8	64·6	63·0	56·7	31·9	45·2	16·7	20·8	31·6
Myopen .	11·1	13·0	12·7	22·5	21·9	21·9	31·3	61·7	51·6	72·2	70·8	68·4
Farbenbl. .	2·2	7·4	3·6	2·5	1·0	2·8	—	—	3·2	2·8	—	—

Curven zu Tabelle V.

c) Kurzsichtigkeit der Schüler.

Beide Gymnasien.



	3.	2.	1.	VI.	V.	IV.	III. U.	III. O.	II. U.	II. O.	I. U.	I. O.
Friedr.-G. .	13·3	20·0	15·6	21·8	33·0	47·8	45·6	46·7	51·0	61·8	60·0	60·9
Leibniz-G.	11·1	13·0	12·7	22·5	21·9	21·9	31·3	61·7	51·6	72·2	70·8	68·4
Durchschn.	12·4	16·7	14·3	22·2	27·3	38·8	39·5	52·5	51·4	67·1	65·9	64·3

Tabelle VI.

Brechungszustand der einzelnen Augen der Schüler nach Schulclassen.

Friedrichs-Gymnasium.

Classe	Zahl der Augen	Hypermetropen		Emmetropen		Myopen		Blind	
		Zahl	Procent	Zahl	Procent	Zahl	Procent	Zahl	Procent
3. Vorschulclasse	120	23	19·2	81	67·5	16	13·3	—	—
2. „	120	16	13·3	81	68·3	22	18·4	1	0·8
1. „	128	19	14·8	92	71·7	17	13·5	—	—
Sexta	174	19	10·9	122	70·1	33	19·0	—	—
Quinta . . .	182	16	8·8	116	63·7	50	27·5	—	—
Quarta . . .	138	7	5·1	72	52·2	58	42·0	1	0·7
Untertertia . .	180	10	5·6	99	55·0	71	39·4	—	—
Obertertia . .	150	8	5·3	79	52·7	63	42·0	—	—
Untersecunda .	98	4	4·1	49	50·0	45	45·9	—	—
Obersecunde .	68	6	8·8	26	38·2	36	52·9	—	—
Unterprima . .	40	1	2·5	16	40·0	23	57·5	—	—
Oberprima . .	46	3	6·5	19	41·3	24	52·2	—	—
Summa	1444	132	9·1	852	59·1	458	31·7	2	0·14

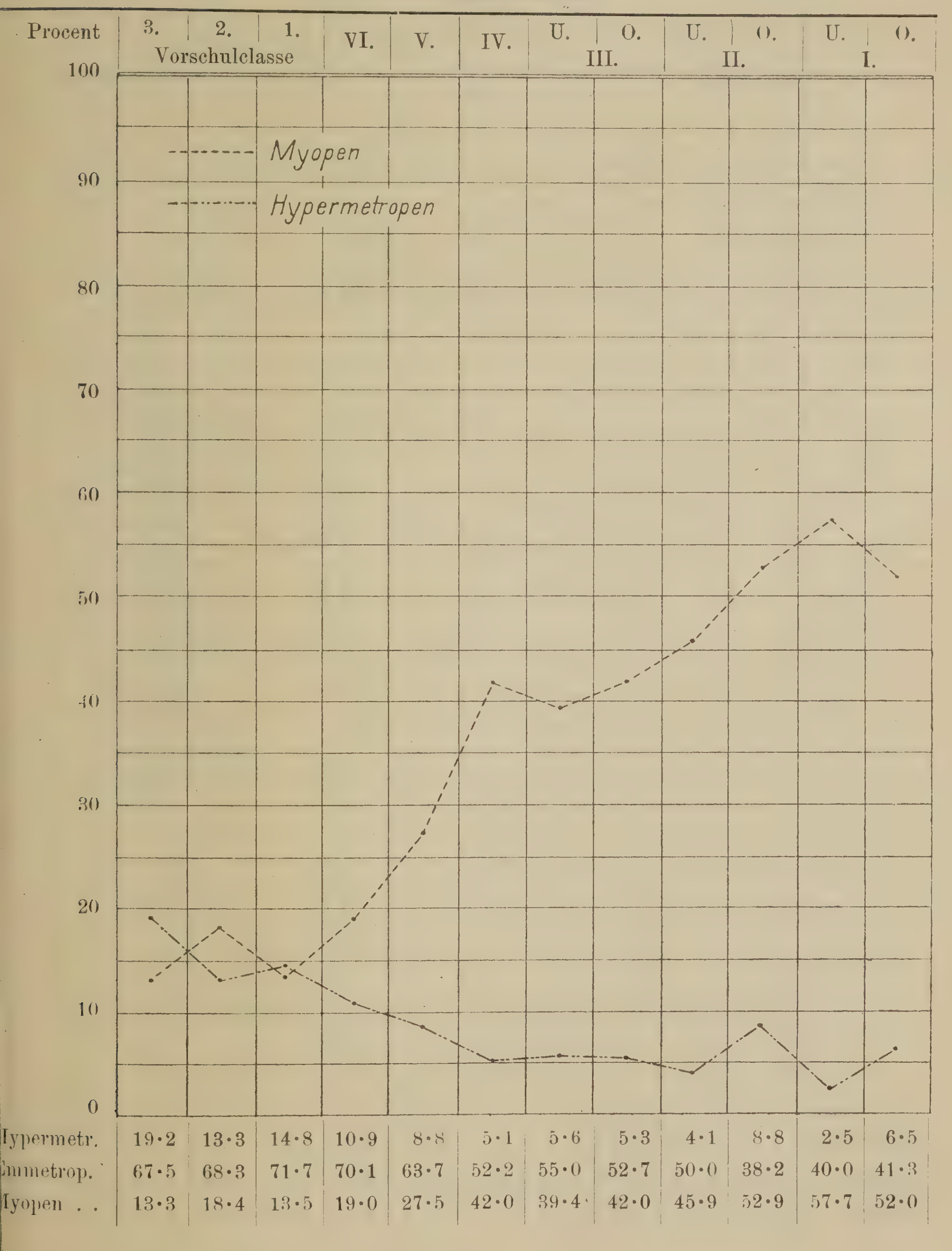
Leibniz-Gymnasium.

Classe	Zahl der Augen	Hypermetropen Zahl	Hypermetropen Procent	Emmetropen Zahl	Emmetropen Procent	Myopen Zahl	Myopen Procent	Blind Zahl	Blind Procent
3. Vorschulclasse	90	13	14·4	69	78·4	8	7·2	—	—
2. „	108	21	19·4	75	69·4	12	11·1	—	—
1. „	110	19	17·3	78	70·9	13	11·8	—	—
Sexta	160	19	11·9	112	70·0	28	17·5	1	0·6
Quinta . . .	192	22	11·5	132	68·8	37	19·2	1	0·5
Quarta . . .	166	20	12·0	98	59·0	48	29·0	—	—
Untertertia . .	134	14	10·4	83	61·9	37	27·7	—	—
Obertertia . .	94	5	5·3	34	36·2	55	58·5	—	—
Untersecunda .	124	2	1·6	63	50·8	59	47·6	—	—
Obersecunda .	72	5	6·9	22	30·6	45	62·5	—	—
Unterprima . .	48	4	8·3	14	29·2	30	62·5	—	—
Oberprima . .	38	1	2·6	15	39·5	22	57·9	—	—
Summa	1336	145	10·9	795	59·5	394	29·5	2	0·14

Curven zu Tabelle VI.

Brechungszustand der einzelnen Augen der Schüler.

a) Friedrichs-Gymnasium.

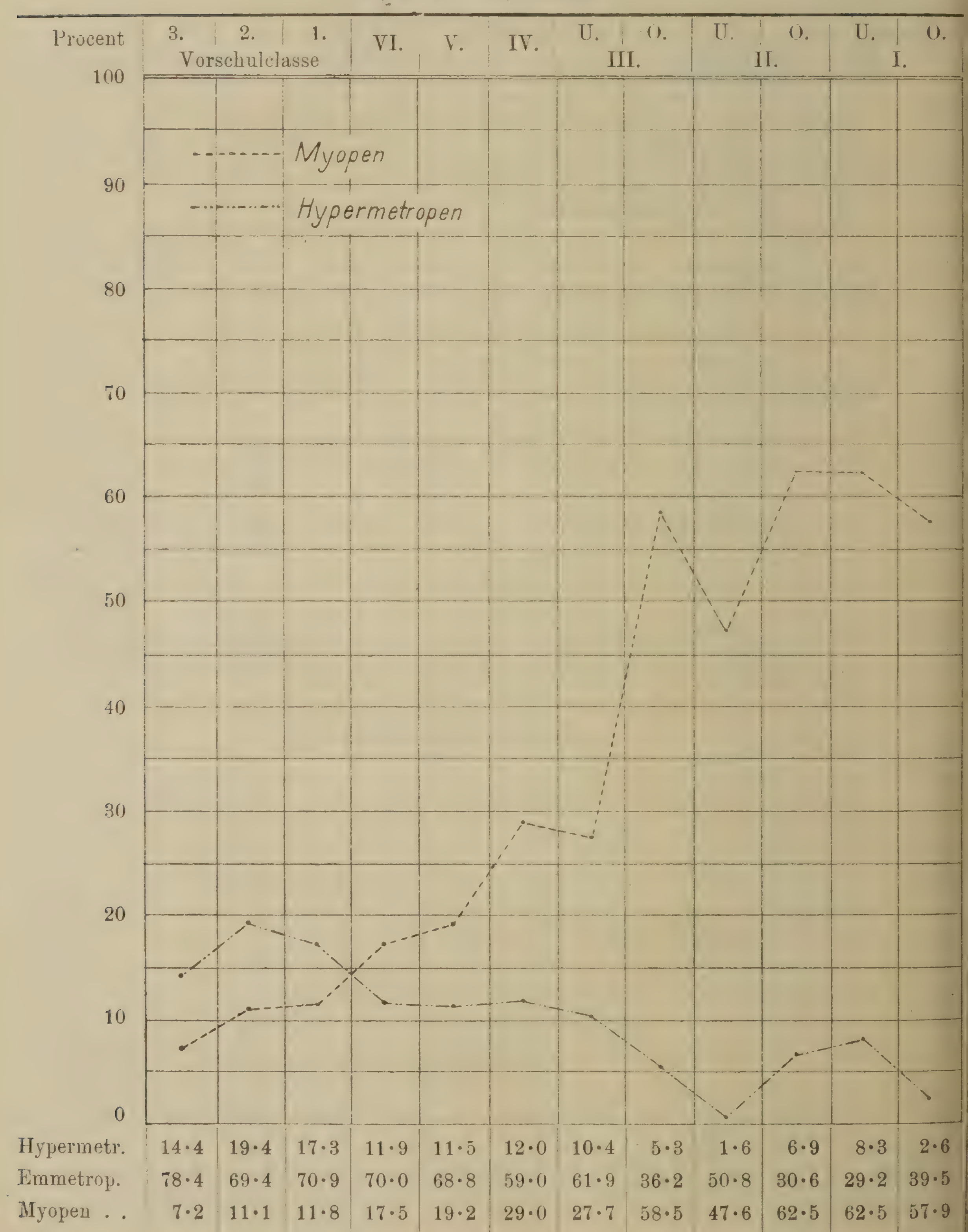


Procent	3. Vorschulclasse	2. Vorschulclasse	1. Vorschulclasse	VI.	V.	IV.	U. III.	O. III.	U. II.	O. II.	U. I.	O. I.
Iypermetr.	19·2	13·3	14·8	10·9	8·8	5·1	5·6	5·3	4·1	8·8	2·5	6·5
Immetrop.	67·5	68·3	71·7	70·1	63·7	52·2	55·0	52·7	50·0	38·2	40·0	41·3
Iyopen . .	13·3	18·4	13·5	19·0	27·5	42·0	39·4	42·0	45·9	52·9	57·7	52·0

Curven zu Tabelle VI.

Brechungszustand der einzelnen Augen der Schüler.

b) Leibniz-Gymnasium.



	3. Vorschulclasse	2. Vorschulclasse	1. Vorschulclasse	VI.	V.	IV.	U. III.	O. III.	U. II.	O. II.	U. I.	O. I.
Hypermetr.	14·4	19·4	17·3	11·9	11·5	12·0	10·4	5·3	1·6	6·9	8·3	2·6
Emmetrop.	78·4	69·4	70·9	70·0	68·8	59·0	61·9	36·2	50·8	30·6	29·2	39·5
Myopen . .	7·2	11·1	11·8	17·5	19·2	29·0	27·7	58·5	47·6	62·5	62·5	57·9

Tabelle VII.

Grad der Kurzsichtigkeit nach Dioptrien.

Friedrichs-Gymnasium.

Classe	Zahl der Schüler	Kurzsichtige		Dioptrien																									
				Zahl																							Durchschnitt	
		Schüler	Augen	$^1/_2$	1	$1^1/_2$	2	$2^1/_2$	3	$3^1/_2$	4	$4^1/_2$	5	$5^1/_2$	6	$6^1/_2$	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Sa.	der Myopen	aller Schüler
3. Vorschulcl.	60	8	16	—	6	2	6	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33	2·08	0·28
2. ,,	60	12	22	—	11	9	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$30^1/_2$	1·39	0·25
1. ,,	64	10	17	1	8	4	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	$35^1/_2$	2·09	0·28
Sexta . . .	87	19	33	2	5	3	8	1	4	1	—	—	1	—	3	1	—	3	1	—	—	—	—	—	—	—	107	3·24	0·61
Quinta . .	91	30	50	—	19	10	9	—	3	—	—	—	3	—	2	2	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	118	2·36	0·65
Quarta . .	69	33	58	4	10	11	13	—	6	—	5	—	—	—	1	2	—	4	—	—	—	—	1	—	1	—	$171^1/_2$	2·96	1·24
Untertertia .	90	41	71	9	18	9	5	4	4	4	5	3	1	4	2	2	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	$177^1/_2$	2·5	0·99
Obertertia .	75	45	63	11	13	4	6	5	5	3	5	4	2	1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	149	2·37	0·99
Untersecunda	49	25	45	3	5	17	3	—	1	2	1	—	6	1	1	3	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	131	2·91	1·34
Obersecunda	34	21	36	1	4	8	6	3	4	2	—	—	1	1	2	—	2	—	2	—	—	—	—	—	—	—	$106^1/_2$	2·96	1·57
Unterprima .	20	12	23	3	3	4	3	1	4	1	—	1	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	63	2·74	1·58
Oberprima .	23	14	24	2	4	2	1	1	3	—	—	—	—	4	3	—	—	1	1	2	—	—	—	—	—	—	$98^1/_2$	4·1	2·14
Sa.	722	260	457	36	106	83	62	15	35	13	17	8	14	11	20	10	2	14	7	3	—	—	1	—	1	—	1221	2·67	0·85

Tabelle VII.

Grad der Kurzsichtigkeit nach Dioptrien.

Leibniz-Gymnasium.

Classe	Zahl der Schüler	Kurzsichtige		Dioptrien																									
				Zahl																								Durchschnitt	
		Schüler	Augen	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Sa.	der Myopen	aller Schüler
3. Vorschulcl.	45	5	8	1	1	1	2	—	—	—	2	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	2·5	0·22
2. ,,	54	7	12	—	5	3	2	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19 1/2	1·63	0·18
1. ,,	55	7	13	3	5	4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14 1/2	1·1	0·13
Sexta . . .	80	18	28	8	9	5	4	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34 1/2	1·23	0·22
Quinta . .	96	21	37	9	3	7	7	1	3	1	—	1	1	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	2	105 1/2	2·85	0·55
Quarta . .	83	26	48	4	14	7	15	1	4	1	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	87 1/2	1·82	0·53
Untertertia .	67	21	37	10	4	10	10	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50 1/2	1·36	0·38
Obertertia .	47	29	55	—	10	17	4	1	6	—	6	4	3	—	—	—	—	2	2	—	—	—	—	—	—	—	155	2·82	1·69
Untersecunda	62	32	59	2	6	14	7	3	9	3	7	—	2	—	4	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	162	2·75	1·31
Obersecunda	36	26	45	3	10	10	2	1	1	2	4	2	—	—	3	1	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	140 1/2	3·12	1·95
Unterprima .	24	17	30	2	1	11	4	1	2	1	2	—	—	2	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	85	2·83	1·77
Oberprima .	19	13	22	4	1	4	4	1	3	—	2	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	51 1/2	2·34	1·36
Sa.	668	222	394	46	69	93	62	10	34	8	23	8	8	5	9	5	—	9	3	—	—	—	—	—	—	2	923 1/2	2·34	0·69

Curve zu Tabelle VII.

Grad der Kurzsichtigkeit nach Dioptrien und Schulclassen.

Auf jeden Schüler kommen durchschnittlich Dioptrien:

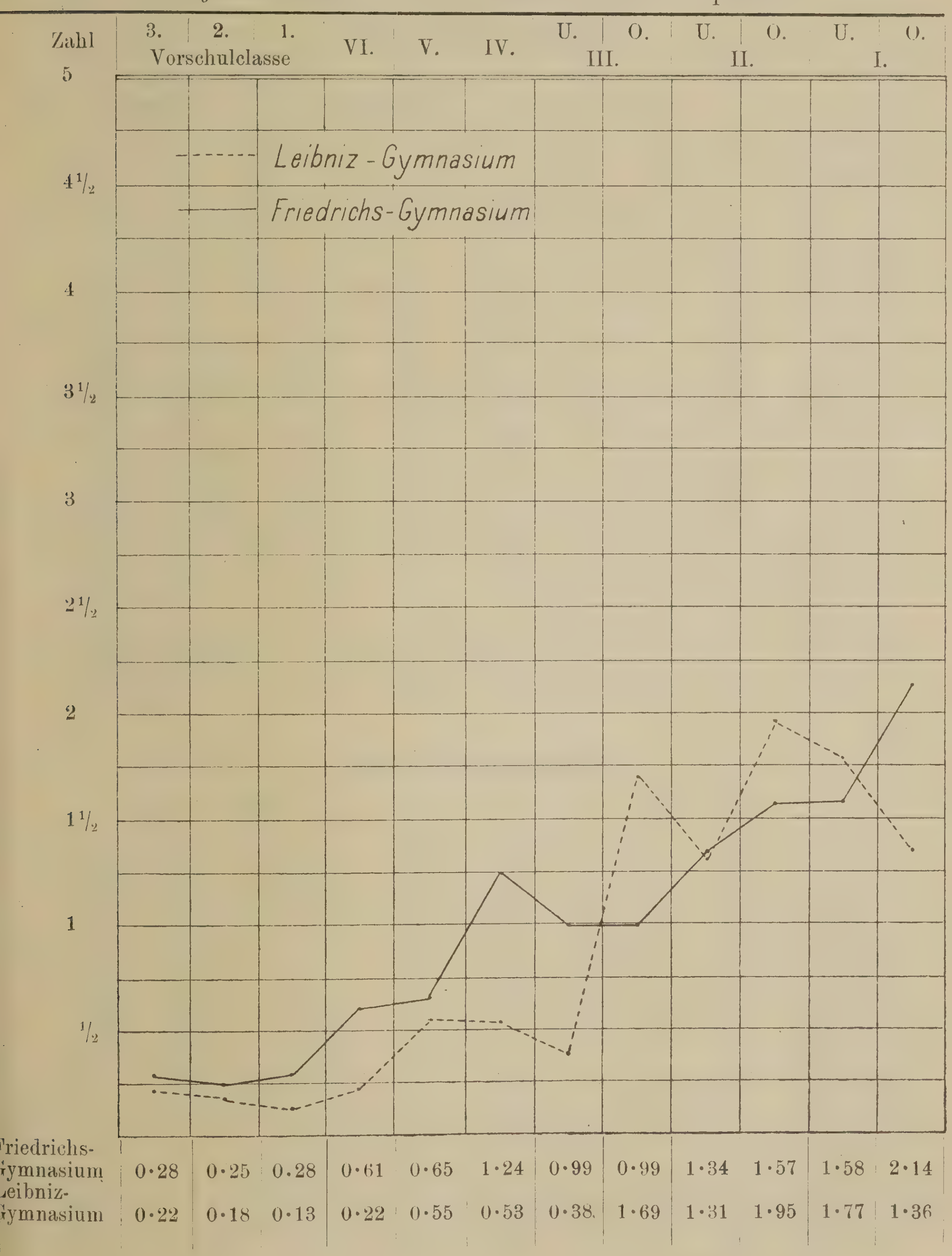


Tabelle VIII.

Verhältniss des Brechungszustandes der Augen zum Lebensalter der Schüler.

Friedrichs-Gymnasium.

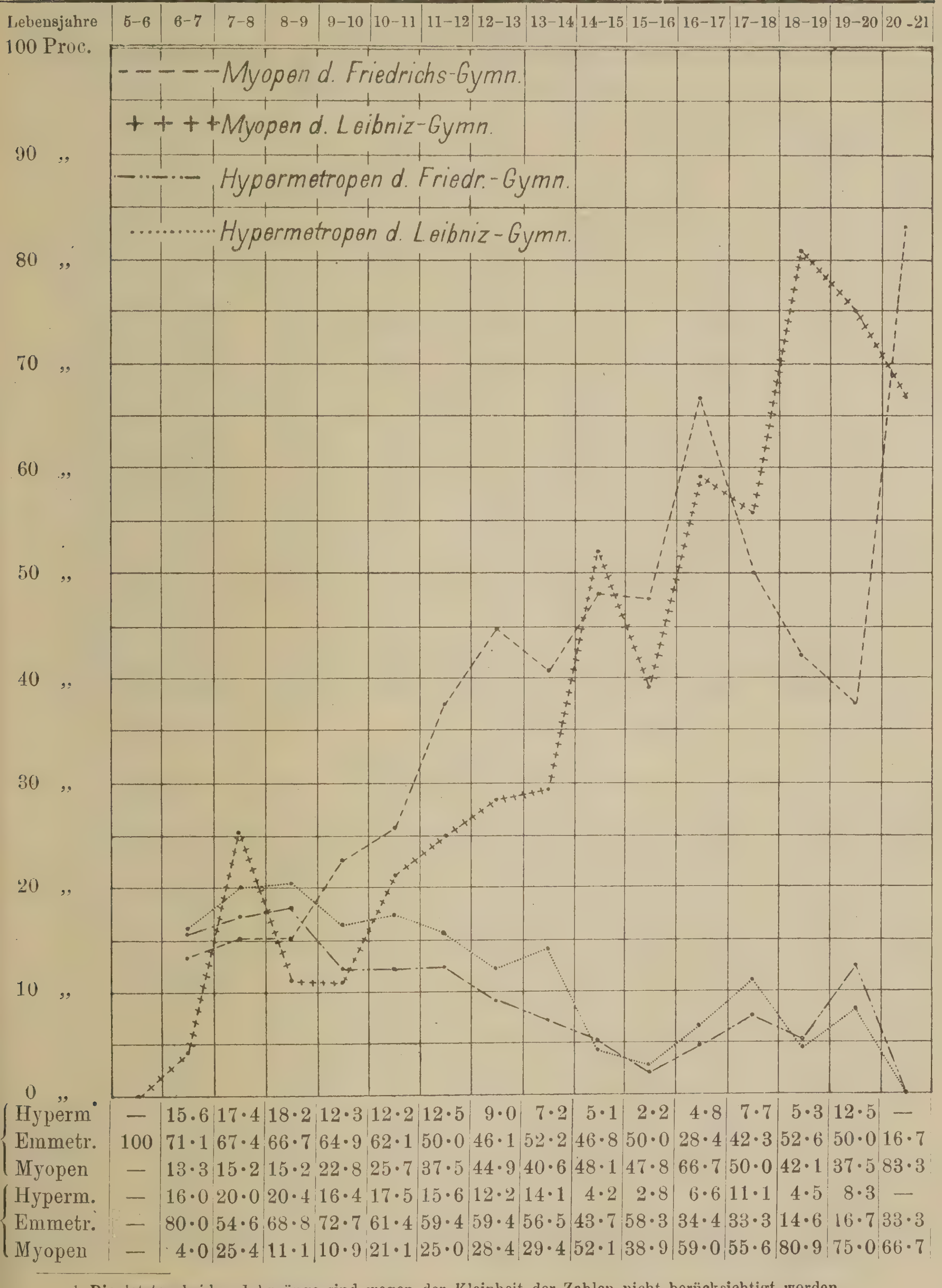
Lebensjahre	Zahl	Hypermetropen		Emmetropen		Myopen	
		Zahl	Procent	Zahl	Procent	Zahl	Procent
5—6	1	—	—	1	100·0	—	—
6—7	45	7	15·6	32	71·1	6	13·3
7—8	46	8	17·4	31	67·4	7	15·2
8—9	66	12	18·2	44	66·7	10	15·2
9—10	57	7	12·3	37	64·9	13	22·8
10—11	74	9	12·2	46	62·1	19	25·7
11—12	56	7	12·5	28	50·0	21	37·5
12—13	78	7	9·0	36	46·1	35	44·9
13—14	69	5	7·2	36	52·2	28	40·6
14—15	79	4	5·1	37	46·8	38	48·1
15—16	46	1	2·2	23	50·0	22	47·8
16—17	42	2	4·8	12	28·4	28	66·7
17—18	26	2	7·7	11	42·3	13	50·0
18—19	19	1	5·3	10	52·6	8	42·1
19—20	8	1	12·5	4	50·0	3	37·5
20—21	6	—	—	1	16·7	5	83·3
21—22	3	—	—	—	—	3	100·0
22—23	1	—	—	—	—	1	100·0
Summa	722	73	10·1	389	53·9	260	36·0

Leibniz-Gymnasium.

Lebensjahre	Zahl	Hypermetropen Zahl	Hypermetropen Procent	Emmetropen Zahl	Emmetropen Procent	Myopen Zahl	Myopen Procent
5—6	—	—	—	—	—	—	—
6—7	25	4	16·0	20	80·0	1	4·0
7—8	35	7	20·0	19	54·6	9	25·4
8—9	54	11	20·4	37	68·5	6	11·1
9—10	55	9	16·4	40	72·7	6	10·9
10—11	57	10	17·5	35	61·4	12	21·1
11—12	64	10	15·6	38	59·4	16	25·0
12—13	74	9	12·2	44	59·4	21	28·4
13—14	85	12	14·1	48	56·5	25	29·4
14—15	48	2	4·2	21	43·7	25	52·1
15—16	36	1	2·8	21	58·3	14	38·9
16—17	61	4	6·6	21	34·4	36	59·0
17—18	27	3	11·1	9	33·3	15	55·6
18—19	22	1	4·5	4	14·6	17	80·9
19—20	12	1	8·3	2	16·7	9	75·0
20—21	6	—	—	2	33·3	4	66·7
21—22	2	—	—	1	50·0	1	50·0
22—23	1	—	—	—	—	1	100·0
Summa	668	84	12·6	362	54·2	222	33·2

Curve zu Tabelle VIII.

Verhältniss des Brechungszustandes der Augen zum Lebensalter der Schüler.



	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–15	15–16	16–17	17–18	18–19	19–20	20–21
Hyperm.	—	15·6	17·4	18·2	12·3	12·2	12·5	9·0	7·2	5·1	2·2	4·8	7·7	5·3	12·5	—
Emmetr.	100	71·1	67·4	66·7	64·9	62·1	50·0	46·1	52·2	46·8	50·0	28·4	42·3	52·6	50·0	16·7
Myopen	—	13·3	15·2	15·2	22·8	25·7	37·5	44·9	40·6	48·1	47·8	66·7	50·0	42·1	37·5	83·3
Hyperm.	—	16·0	20·0	20·4	16·4	17·5	15·6	12·2	14·1	4·2	2·8	6·6	11·1	4·5	8·3	—
Emmetr.	—	80·0	54·6	68·8	72·7	61·4	59·4	59·4	56·5	43·7	58·3	34·4	33·3	14·6	16·7	33·3
Myopen	—	4·0	25·4	11·1	10·9	21·1	25·0	28·4	29·4	52·1	38·9	59·0	55·6	80·9	75·0	66·7

[1] Die letzten beiden Jahrgänge sind wegen der Kleinheit der Zahlen nicht berücksichtigt worden.

Tabelle IX.

Verhältniss des Brechungszustandes der Augen zum Schulalter der Schüler.

Friedrichs-Gymnasium.

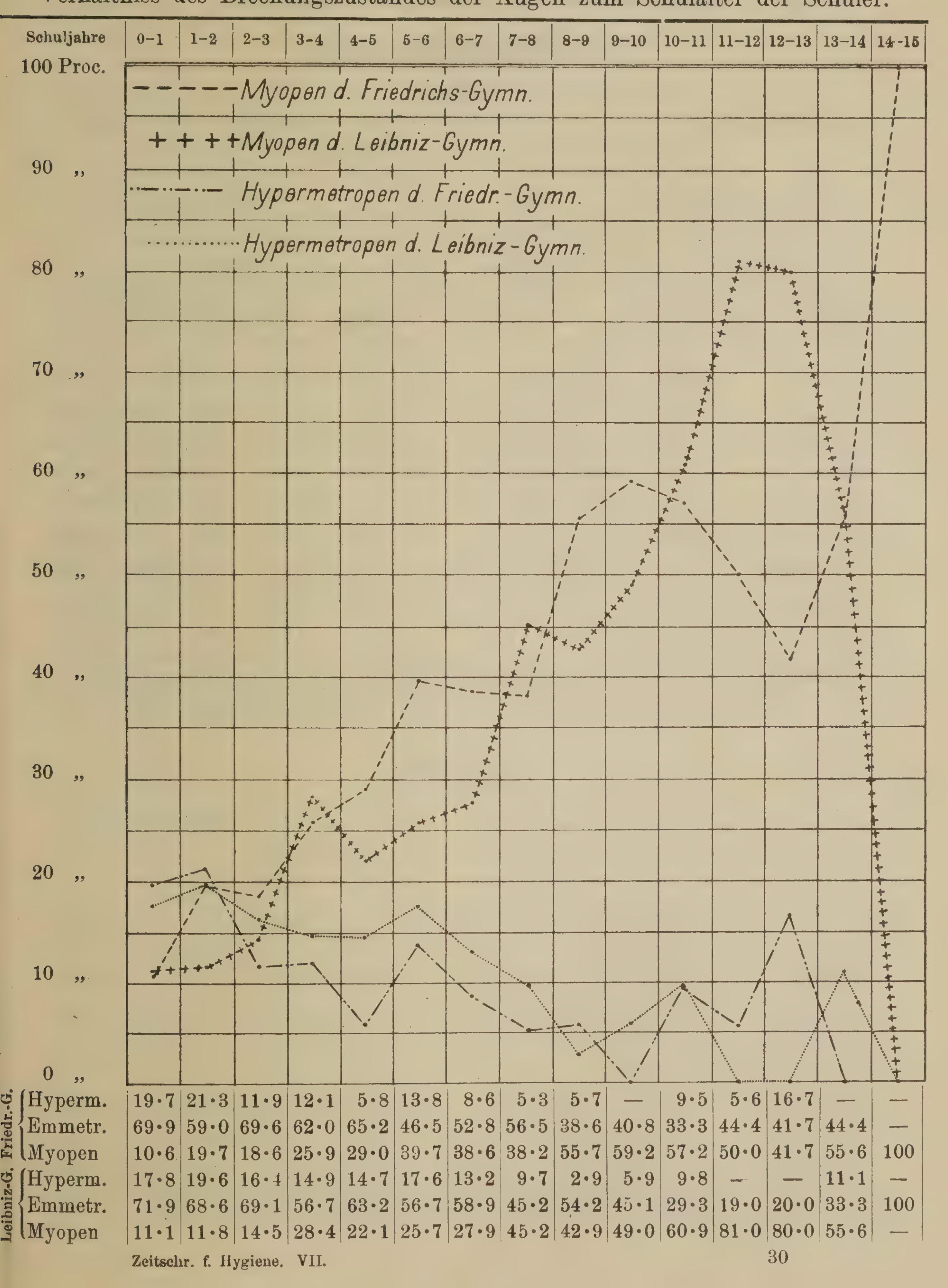
Schuljahre	Zahl	Hypermetropen		Emmetropen		Myopen	
		Zahl	Procent	Zahl	Procent	Zahl	Procent
0—1	66	13	19·7	46	69·9	7	10·6
1—2	61	13	21·3	36	59·0	12	19·7
2—3	59	7	11·9	41	69·6	11	18·6
3—4	58	7	12·1	36	62·0	15	25·9
4—5	69	4	5·8	45	65·2	20	29·0
5—6	58	8	13·8	27	46·5	23	39·7
6—7	70	6	8·6	37	52·8	27	38·6
7—8	76	4	5·3	43	56·5	29	38·2
8—9	70	4	5·7	27	38·6	39	55·7
9—10	49	—	—	20	40·8	29	59·2
10—11	42	4	9·5	14	33·3	24	57·2
11—12	18	1	5·6	8	44·4	9	50·0
12—13	12	2	16·7	5	41·7	5	41·7
13—14	9	—	—	4	44·4	5	55·6
14—15	4	—	—	—	—	4	100·0
15—16	1	—	—	—	—	1	100·0
Summa	722	73	10·1	389	53·9	260	36·0

Leibniz-Gymnasium.

Schuljahre	Zahl	Hypermetropen Zahl	Hypermetropen Procent	Emmetropen Zahl	Emmetropen Procent	Myopen Zahl	Myopen Procent
0—1	45	8	17·8	32	71·9	5	11·1
1—2	51	10	19·6	35	68·6	6	11·8
2—3	56	9	16·4	38	69·1	8	14·5
3—4	67	10	14·9	38	56·7	19	28·4
4—5	68	10	14·7	43	63·2	15	22·1
5—6	74	13	17·6	42	56·7	19	25·7
6—7	68	9	13·2	40	58·9	19	27·9
7—8	62	6	9·7	28	45·2	28	45·2
8—9	35	1	2·9	19	54·2	15	42·9
9—10	51	3	5·9	23	45·1	25	49·0
10—11	41	4	9·8	12	29·3	25	60·9
11—12	21	—	—	4	19·0	17	81·0
12—13	20	—	—	4	20·0	16	80·0
13—14	9	1	11·1	3	33·3	5	55·6
14—15	1	—	—	1	100·0	—	—
15—16	—	—	—	—	—	—	—
Summa	688	84	12·6	362	54·2	222	33·2

Curve zu Tabelle IX.

Verhältniss des Brechungszustandes der Augen zum Schulalter der Schüler.



		0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–15
Friedr.-G.	Hyperm.	19·7	21·3	11·9	12·1	5·8	13·8	8·6	5·3	5·7	—	9·5	5·6	16·7	—	—
	Emmetr.	69·9	59·0	69·6	62·0	65·2	46·5	52·8	56·5	38·6	40·8	33·3	44·4	41·7	44·4	—
	Myopen	10·6	19·7	18·6	25·9	29·0	39·7	38·6	38·2	55·7	59·2	57·2	50·0	41·7	55·6	100
Leibniz-G.	Hyperm.	17·8	19·6	16·4	14·9	14·7	17·6	13·2	9·7	2·9	5·9	9·8	—	—	11·1	—
	Emmetr.	71·9	68·6	69·1	56·7	63·2	56·7	58·9	45·2	54·2	45·1	29·3	19·0	20·0	33·3	100
	Myopen	11·1	11·8	14·5	28·4	22·1	25·7	27·9	45·2	42·9	49·0	60·9	81·0	80·0	55·6	—

Tabelle X.

Kurzsichtigkeit der Juden und Nichtjuden.

Friedrichs-Gymnasium.

Juden.

Classe	Zahl	Myopen Zahl 0—1 Dioptrien	1—4	4—8	über 8	Sa.	Myopen Procent 0—1 Dioptrien	1—4	4—8	über 8	Sa.
3. Vorschulclasse	22	1	1	—	—	2	4·5	4·5	—	—	9·0
2. „	18	1	2	—	—	5	16·7	11·1	—	—	27·8
1. „	19	1	2	1	—	4	5·3	10·5	5·3	—	21·1
Sexta	30	2	2	1	1	6	6·7	6·7	3·3	3·3	20·0
Quinta . . .	31	3	8	2	—	13	9·7	25·8	6·5	—	41·9
Quarta . . .	28	5	10	2	1	18	17·9	35·7	7·2	3.6	64·3
Untertertia . .	32	7	7	2	1	17	21·9	21·9	6·3	3·1	53·1
Obertertia . .	26	3	6	2	—	11	11.5	23·1	6·9	—	42·3
Untersecunda .	25	3	8	3	1	15	12·0	32·0	12·0	4·0	60·0
Obersecunda .	11	2	3	1	—	6	18·2	27·3	9·1	—	54·5
Unterprima . .	10	3	1	1	—	5	30·0	10·0	10·0	—	50·0
Oberprima . .	4	—	1	1	—	2	—	25·0	25·0	—	50·0
Summa	256	33	51	16	4	104	12·9	19·9	6·3	1·6	40·6

Nichtjuden.

Classe	Zahl	Myopen Zahl 0—1 Dioptrien	1—4	4—8	über 8	Sa.	Myopen Procent 0—1 Dioptrien	1—4	4—8	über 8	Sa.
3. Vorschulclasse	38	2	3	1	—	6	5·3	7·8	2·7	—	21·1
2. „	42	2	5	—	—	7	4·8	11·9	—	—	16·7
1. „	45	3	3	—	—	6	6·7	6·7	—	—	13·3
Sexta	57	4	6	3	—	13	7·0	10·5	5·3	—	22·8
Quinta . . .	60	8	5	3	1	17	13·3	8·3	5·0	1·7	28·3
Quarta . . .	41	4	9	2	—	15	9·8	22·0	4·9	—	36·6
Untertertia . .	58	6	13	5	—	24	10·3	22·4	8·6	—	41·4
Obertertia . .	49	10	9	5	—	24	20·4	18·4	10·2	—	49·0
Untersecunda .	24	—	7	3	—	10	—	29·2	12·5	—	41·7
Obersecunda .	23	1	11	3	—	15	4·3	47·8	13·0	—	65·2
Unterprima . .	10	—	5	2	—	7	—	50·0	20·0	—	70·0
Oberprima . .	19	2	5	3	2	12	10·5	26·3	15·8	10·5	63·2
Summa	466	42	81	30	3	156	9·0	17·4	6·4	0·6	33·5

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Kurzsichtigkeit der Juden und Nichtjuden.

Leibniz-Gymnasium.

Juden.

Classe	Zahl	Myopen									
		Zahl					Procent				
		0—1 Dioptrien	1—4	4—8	über 8	Sa.	0—1 Dioptrien	1—4	4—8	über 8	Sa.
3. Vorschulclasse	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2. „	12	—	2	—	—	2	—	16·7	—	—	16·7
1. „	11	1	1	—	—	2	9·1	9·1	—	—	18·2
Sexta	10	3	1	—	—	4	30·0	10·0	—	—	40·0
Quinta . . .	18	2	1	—	—	3	11·1	5·6	—	—	16·7
Quarta . . .	10	2	—	—	—	2	20·0	—	—	—	20·0
Untertertia . .	11	1	1	—	—	2	9·1	9·1	—	—	18·2
Obertertia . .	7	—	1	1	—	2	—	14·3	14·3	—	28·6
Untersecunda .	8	1	—	1	—	2	12·5	—	12·5	—	25·0
Obersecunda .	6	1	1	1	—	3	16·7	16·7	16·7	—	50·0
Unterprima . .	3	1	1	—	—	2	33·3	33·3	—	—	66·7
Oberprima . .	6	1	4	1	—	6	16·7	66·7	16·7	—	100·0
Summa	111	13	13	4	—	30	11·7	11·7	3·6	—	27·0

Nichtjuden.

Classe	Zahl	0—1	1—4	4—8	über 8	Sa.	0—1	1—4	4—8	über 8	Sa.
3. Vorschulclasse	36	1	3	1	—	5	2·8	8·3	2·8	—	13·9
2. „	42	3	2	—	—	5	7·1	4·8	—	—	11·9
1. „	44	3	2	—	—	5	6·8	4·5	—	—	11·4
Sexta	70	7	7	—	—	14	10·0	10·0	—	—	20·0
Quinta . . .	78	5	10	1	2	18	6·4	12·8	1·3	2·6	23·1
Quarta . . .	73	7	16	1	—	24	9·6	21·9	—	—	32·9
Untertertia . .	56	6	13	—	—	19	10·9	23·0	—	—	33·9
Obertertia . .	40	4	18	4	1	27	10·0	45·0	10·0	2·5	67·5
Untersecunda .	54	3	24	3	—	30	5·6	44·4	5·6	—	55·6
Obersecunda .	30	6	12	5	—	23	20·0	40·0	16·7	—	76·7
Unterprima . .	21	—	12	3	—	15	—	57·1	14·3	—	71·4
Oberprima . .	13	2	4	1	—	7	15·4	30·8	7·7	—	53·1
Summa	557	47	123	19	3	192	8·3	22·1	3·4	0·5	34·5

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Kurzsichtigkeit der Juden und Nichtjuden.

Beide Gymnasien zusammen.

Juden.

Classe	Zahl	Myopen									
		Zahl					Procent				
		0—1	1—4	4—8	über 8	Sa.	0—1	1—4	4—8	über 8	Sa.
		Dioptrien					Dioptrien				
3. Vorschulclasse	31	1	1	—	—	2	3·2	3·2	—	—	6·5
2. „	30	3	4	—	—	7	10·0	13·3	—	—	23·3
1. „	30	2	3	1	—	6	6·7	10·0	3·3	—	20·0
Secunda . . .	40	5	3	1	1	10	12·5	7·5	2·5	2·5	25·0
Quinta . . .	49	5	9	2	—	16	10·2	18·4	4·3	—	32·9
Quarta . . .	38	7	10	2	1	20	18·4	26·3	5·3	2·6	52·6
Untertertia . .	43	8	8	2	1	19	18·6	18·6	4·5	2·3	44·2
Obertertia . .	33	3	7	3	—	13	9·0	21·2	9·0	—	39·4
Untersecunda .	33	4	8	4	1	17	12·1	24·2	12·1	3·0	51·5
Obersecunda .	17	3	4	2	—	9	17·6	23·5	11·8	—	52·9
Unterprima . .	13	4	2	1	—	7	30·8	15·4	7·6	—	53·8
Oberprima . .	10	1	5	2	—	8	10·0	50·0	20·0	—	80·0
Summa	367	46	64	20	4	134	12·5	17·4	5·4	1·1	36·5

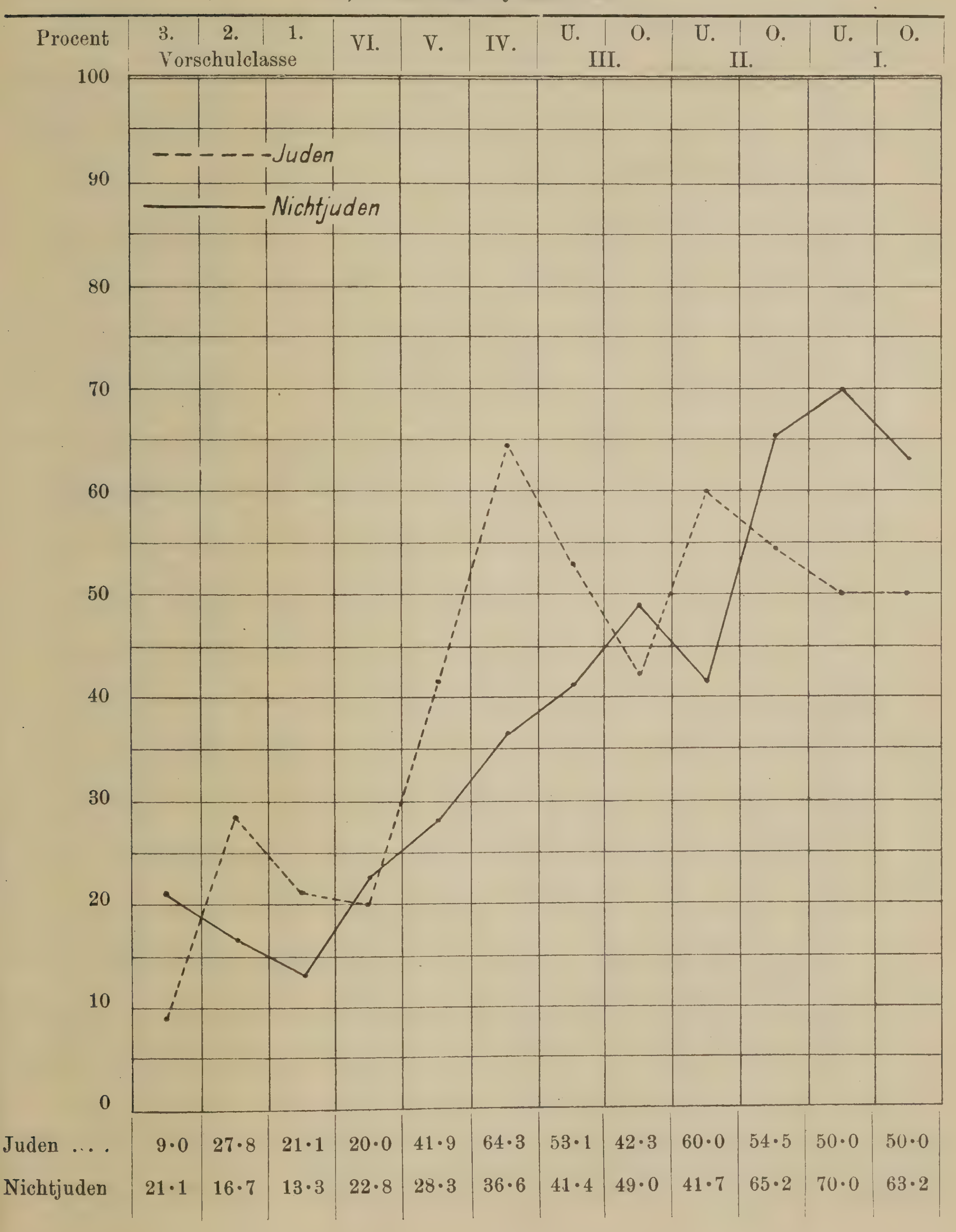
Nichtjuden.

Classe	Zahl	0—1	1—4	4—8	über 8	Sa.	0—1	1—4	4—8	über 8	Sa.
3. Vorschulclasse	74	3	6	2	—	11	4·1	8·1	2·7	—	14·9
2. „	84	5	7	—	—	12	6·0	8·3	—	-	14·3
1. „	89	6	5	—	—	11	6·7	5·7	—	—	12·4
Sexta	127	11	13	3	—	27	8·7	10·2	2·4	—	21·3
Quinta . . .	138	13	15	4	3	35	9·4	10·9	2·9	2·2	25·4
Quarta . . .	114	11	25	3	—	39	9·6	21·9	2·6	—	34·2
Untertertia . .	114	12	26	5	—	43	10·5	22·8	4·4	—	37·7
Obertertia . .	89	14	27	9	1	51	15·7	30·3	10·1	1·1	57·3
Untersecunda .	78	3	31	6	—	40	3·8	39·7	7·7	—	51·3
Obersecunda .	53	7	23	8	—	38	13·2	43·4	15·1	—	71·7
Unterprima . .	31	—	17	5	—	22	—	54·8	16·2	—	71·0
Oberprima . .	32	4	9	4	2	19	12·5	27·7	12·5	6·7	59·4
Summa	1023	89	204	49	6	348	8·7	19·9	4·8	0·6	34·0

Curven zu Tabelle X.

Kurzsichtigkeit der Juden und Nichtjuden.

a) Friedrichs-Gymnasium.

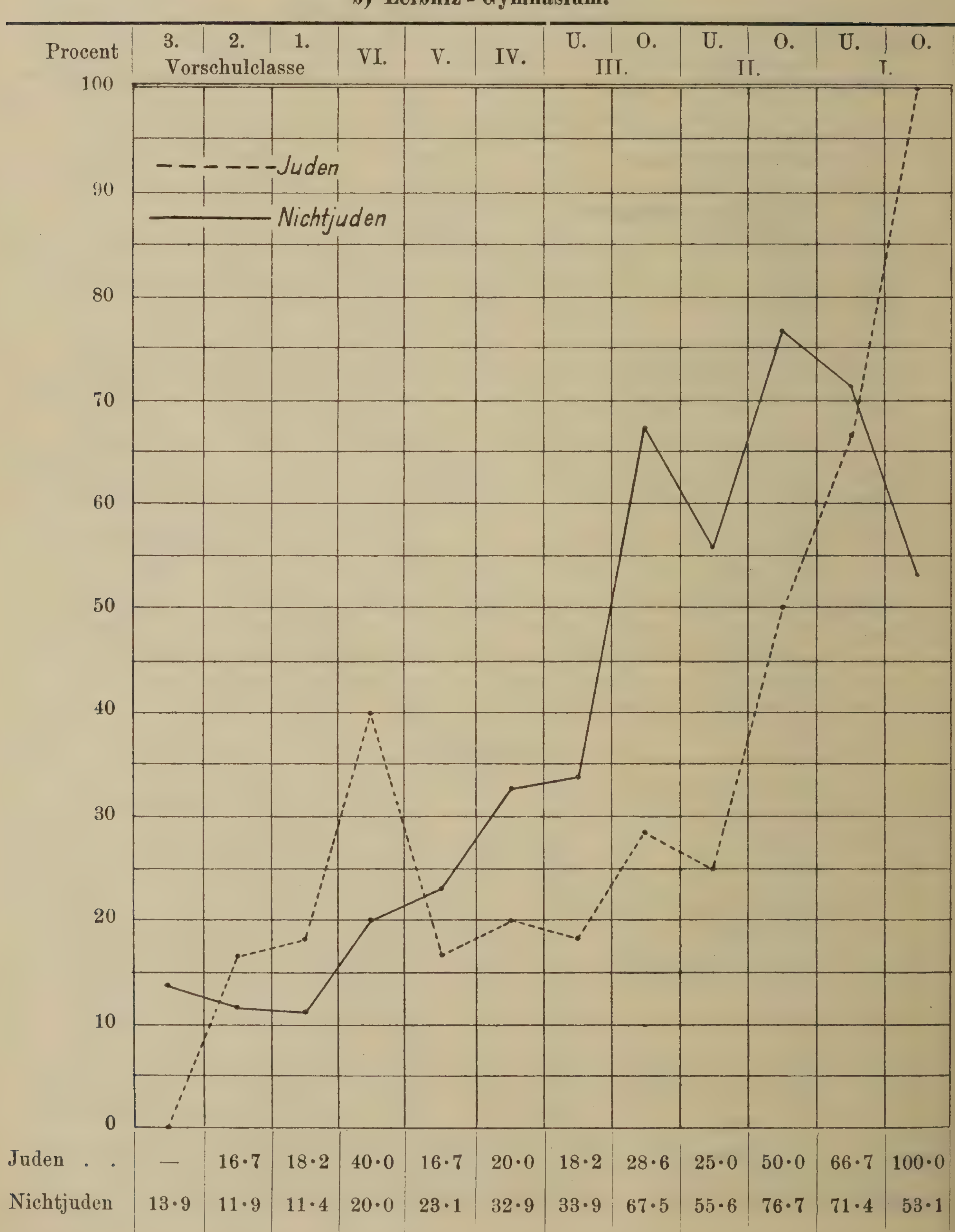


	3. Vorschulclasse	2. Vorschulclasse	1. Vorschulclasse	VI.	V.	IV.	U. III.	O. III.	U. II.	O. II.	U. I.	O. I.
Juden	9·0	27·8	21·1	20·0	41·9	64·3	53·1	42·3	60·0	54·5	50·0	50·0
Nichtjuden	21·1	16·7	13·3	22·8	28·3	36·6	41·4	49·0	41·7	65·2	70·0	63·2

Curven zu Tabelle X.

Kurzsichtigkeit der Juden und Nichtjuden.

b) Leibniz - Gymnasium.

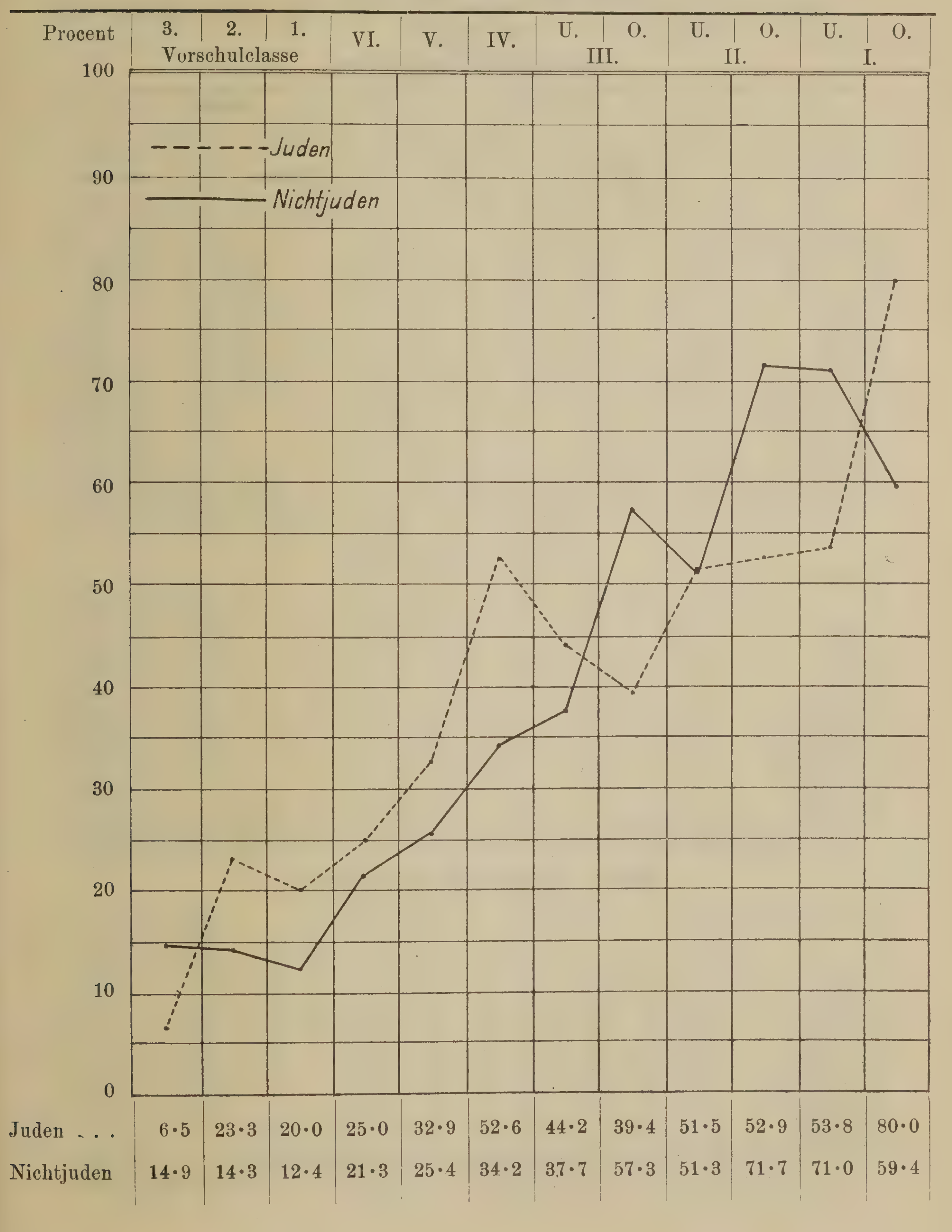


	3. Vorschulclasse	2. Vorschulclasse	1. Vorschulclasse	VI.	V.	IV.	U. III.	O. III.	U. II.	O. II.	U. I.	O. I.
Juden . .	—	16·7	18·2	40·0	16·7	20·0	18·2	28·6	25·0	50·0	66·7	100·0
Nichtjuden	13·9	11·9	11·4	20·0	23·1	32·9	33·9	67·5	55·6	76·7	71·4	53·1

Curven zu Tabelle X.

Kurzsichtigkeit der Juden und Nichtjuden.

c) Beide Gymnasien zusammen.



	3.	2.	1.	VI.	V.	IV.	U. III.	O. III.	U. II.	O. II.	U. I.	O. I.
Juden . . .	6·5	23·3	20·0	25·0	32·9	52·6	44·2	39·4	51·5	52·9	53·8	80·0
Nichtjuden	14·9	14·3	12·4	21·3	25·4	34·2	37·7	57·3	51·3	71·7	71·0	59·4

Tabelle XI.

Verhältniss der Farbe der Regenbogenhaut und der Haare zum Brechungszustande der Augen.

a) Verhältniss der Farbe der Regenbogenhaut zum Brechungszustande der Augen.

Friedrichs-Gymnasium.

Classe	Nichtjuden						Juden					
	Helle Augen			Dunkle Augen			Helle Augen			Dunkle Augen		
	Zahl	Myopen		Zahl	Myopen		Zahl	Myopen		Zahl	Myopen	
		Zahl	Proc.		Zahl	Proc.		Zahl	Proc.		Zahl	Proc.
3. Vorschulclasse	21	3	13·3	17	3	17·6	5	—	—	17	2	11·8
2. „	18	3	16·7	24	4	16·7	6	1	16·7	12	4	33·3
1. „	28	1	3·6	17	5	29·4	7	1	14·3	12	3	25·0
Sexta	35	9	25·7	21	4	19·0	7	2	28·6	24	4	16·7
Quinta	36	5	13·9	23	12	52·2	8	6	75·0	24	7	29·2
Quarta	22	8	36·4	19	7	36·8	7	5	71·4	21	13	61·9
Untertertia . .	30	12	40·0	28	11	39·3	7	6	85·7	25	12	48·0
Obertertia . . .	30	13	43·3	19	11	57·9	6	3	50·0	20	8	40·0
Untersecunda .	16	7	43·8	8	3	37·5	—	—	—	25	15	60·0
Obersecunda . .	15	10	66·7	7	4	57·1	—	—	—	12	7	58·3
Unterprima . .	1	1	100·0	9	6	66·7	1	—	—	9	5	55·6
Oberprima . .	13	10	76·9	6	2	33·3	2	2	100·0	2	—	—
Summa	265	82	30·9	198	72	36·4	56	26	46·4	203	80	39·4

Leibniz-Gymnasium.

Classe	NJ Helle Zahl	Myopen Zahl	Proc.	NJ Dunkle Zahl	Myopen Zahl	Proc.	J Helle Zahl	Myopen Zahl	Proc.	J Dunkle Zahl	Myopen Zahl	Proc.
3. Vorschulclasse	16	2	12·5	20	3	15·0	1	—	—	8	—	—
2. „	17	2	11·8	25	3	20·0	2	1	50·0	10	1	10·0
1. „	29	4	13·8	15	1	6·7	2	—	—	9	2	22·2
Sexta	35	9	25·7	34	4	11·8	1	—	—	10	5	50·0
Quinta	47	9	19·1	31	9	29·0	9	1	11·1	9	2	22·2
Quarta	41	13	31·7	32	11	34·4	3	—	—	7	2	28·6
Untertertia . .	27	12	44·4	27	6	22·2	3	1	33·3	10	2	20·0
Obertertia . . .	19	14	73·7	20	11	55·0	—	—	—	8	4	50·0
Untersecunda .	28	16	57·1	26	14	53·8	1	—	—	7	2	28·6
Obersecunda . .	21	15	71·4	9	9	100·0	1	—	—	5	3	60·0
Unterprima . .	13	9	69·2	8	6	75·0	2	1	50·0	1	1	100·0
Oberprima . .	8	4	50·0	5	3	60·0	1	1	50·0	5	5	100·0
Summa	301	109	36·2	252	80	31·7	26	5	19·2	89	29	30·3

Beide Gymnasien zusammen.

Classe	NJ Helle Zahl	Myopen Zahl	Proc.	NJ Dunkle Zahl	Myopen Zahl	Proc.	J Helle Zahl	Myopen Zahl	Proc.	J Dunkle Zahl	Myopen Zahl	Proc.
3. Vorschulclasse	37	5	13·5	37	6	16·2	6	—	—	25	2	8·0
2. „	35	5	14·3	49	7	14·3	8	2	25·0	22	5	22·7
1. „	57	5	8·8	32	6	18·8	9	1	11·1	21	5	23·8
Sexta	70	18	25·7	55	8	14·5	8	2	25·0	34	9	26·5
Quinta	83	14	16·9	54	21	38·9	17	7	41·2	33	9	27·3
Quarta	63	21	33·3	51	18	35·3	10	5	50·0	28	15	53·6
Untertertia . .	57	24	42·1	55	17	30·9	10	7	70·0	35	14	40·0
Obertertia . . .	49	27	55·1	39	22	56·4	6	3	50·0	28	12	42·9
Untersecunda .	44	23	52·3	34	17	50·0	1	—	—	32	17	53·1
Obersecunda . .	36	25	69·4	16	13	81·3	1	—	—	17	10	58·8
Unterprima . .	14	10	71·4	17	12	70·6	3	1	33·3	10	6	60·0
Oberprima . .	21	14	66·7	11	5	45·5	3	3	100·0	7	5	71·4
Summa	566	191	33·7	450	152	33·8	82	31	37·8	292	109	37·3

Tabelle XI. (Fortsetzung.)
Verhältniss der Farbe der Regenbogenhaut und der Haare zum Brechungszustande der Augen.

b) Verhältniss der Farbe der Haare zum Brechungszustande der Augen.

Friedrichs-Gymnasium.

Classe	Nichtjuden						Juden					
	Helles Haar			Dunkles Haar			Helles Haar			Dunkles Haar		
	Zahl	Myopen Zahl	Myopen Proc.	Zahl	Myopen Zahl	Myopen Proc.	Zahl	Myopen Zahl	Myopen Proc.	Zahl	Myopen Zahl	Myopen Proc.
3. Vorschulclasse	20	3	15·0	18	3	16·7	3	—	—	19	2	10·5
2. „	17	2	11·8	25	5	20·0	3	—	—	15	5	33·3
1. „	31	2	6·5	14	4	28·6	3	—	—	16	4	25·0
Sexta	36	8	22·2	20	5	25·0	7	2	28·6	24	4	16·7
Quinta	38	11	28·9	21	6	28·6	12	7	58·3	20	6	30·0
Quarta	24	10	41·7	17	5	29·4	4	2	50·0	24	16	66·7
Untertertia . .	34	13	38·2	24	10	41·7	4	4	100·0	28	14	50·0
Obertertia . . .	20	9	45·0	29	15	51·7	5	3	60·0	21	8	38·1
Untersecunda .	14	6	42·9	10	4	40·0	1	1	100·0	24	14	58·3
Obersecunda . .	12	8	66·7	10	6	60·0	—	—	—	12	7	58·3
Unterprima . .	4	3	75·0	6	4	66·7	—	—	—	10	5	50·0
Oberprima . .	13	9	69·2	6	3	50·0	—	—	—	4	2	50·0
Summa	263	84	31·9	200	70	35·0	42	19	45·2	217	87	40·1

Leibniz-Gymnasium.

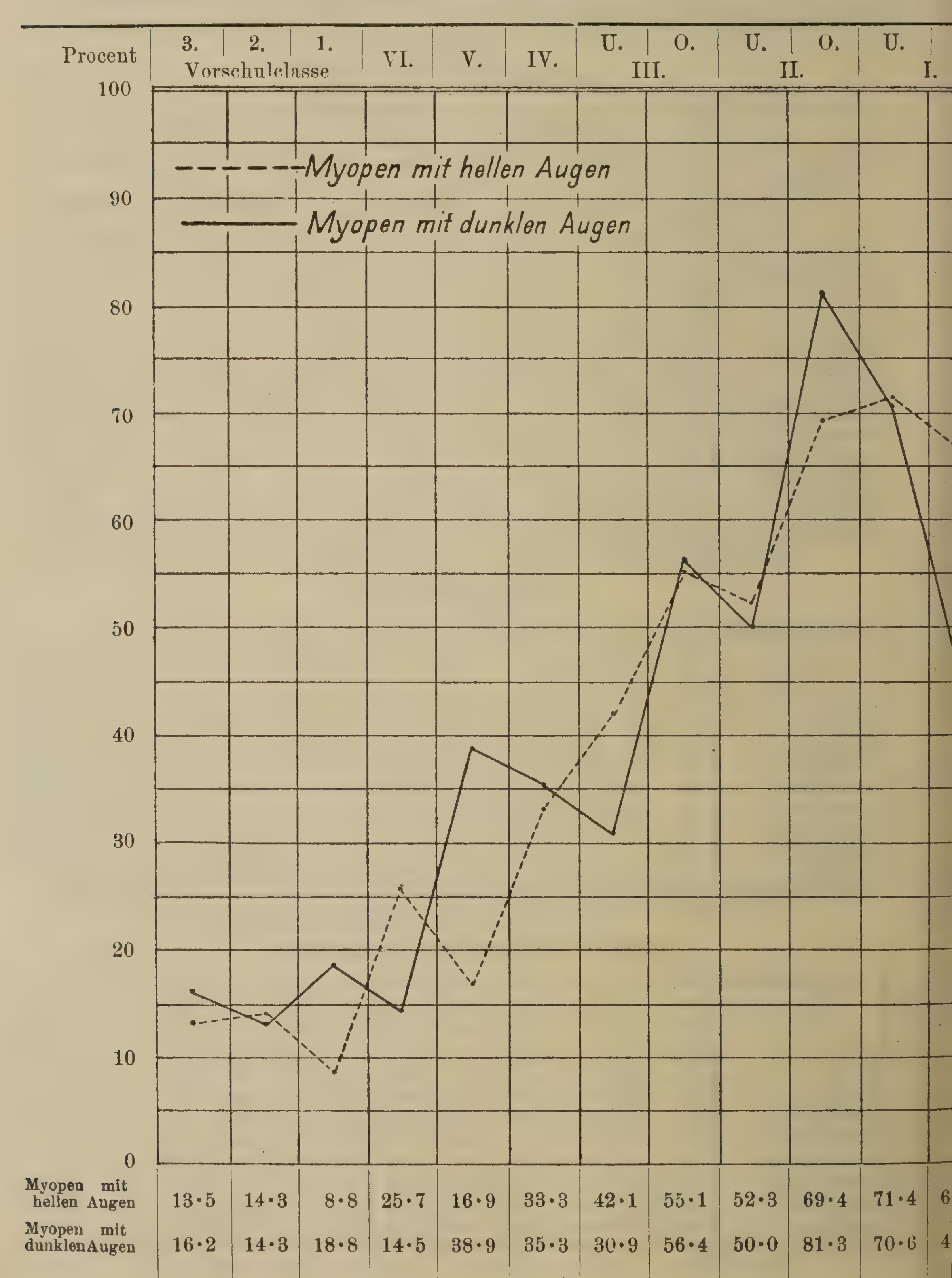
Classe	NJ Helles Haar Zahl	Myopen Zahl	Myopen Proc.	NJ Dunkles Haar Zahl	Myopen Zahl	Myopen Proc.	J Helles Haar Zahl	Myopen Zahl	Myopen Proc.	J Dunkles Haar Zahl	Myopen Zahl	Myopen Proc.
3. Vorschulclasse	16	1	6·3	20	4	20·0	—	—	—	9	—	—
2. „	18	2	11·1	24	3	12·5	1	—	—	11	2	18·2
1. „	29	5	17·2	15	—	—	1	—	—	10	2	20·0
Sexta	39	9	23·1	30	4	13·3	—	—	—	11	5	45·5
Quinta	52	13	25·0	26	5	19·2	3	1	33·3	15	2	13·3
Quarta	40	15	37·5	33	9	27·3	1	—	—	9	2	22·2
Untertertia . .	23	11	47·8	31	7	22·6	1	—	—	11	2	18·2
Obertertia . . .	19	14	73·7	20	11	55·0	1	1	100·0	8	4	50·0
Untersecunda .	31	18	58·1	23	12	43·4	1	—	—	7	2	28·6
Obersecunda . .	13	12	92·3	17	12	70·6	—	—	—	6	3	50·0
Unterprima . .	8	4	50·0	13	11	84·6	1	1	100·0	2	1	50·0
Oberprima . .	5	4	80·0	8	3	37·5	1	1	100·0	5	5	100·0
Summa	293	108	36·9	260	81	31·2	11	4	36·4	104	30	28·8

Beide Gymnasien zusammen.

Classe	NJ Helles Haar Zahl	Myopen Zahl	Myopen Proc.	NJ Dunkles Haar Zahl	Myopen Zahl	Myopen Proc.	J Helles Haar Zahl	Myopen Zahl	Myopen Proc.	J Dunkles Haar Zahl	Myopen Zahl	Myopen Proc.
3. Vorschulclasse	36	4	11·1	38	7	18·4	3	—	—	28	2	7·1
2. „	35	4	11·4	49	8	16·3	4	—	—	26	7	26·9
1. „	60	7	11·7	29	4	13·8	4	—	—	26	6	15·4
Sexta	75	17	22·9	50	9	18·0	7	2	28·6	35	9	25·7
Quinta	90	24	26·7	47	11	23·4	15	8	53·3	35	8	22·9
Quarta	64	25	39·1	50	14	28·0	5	2	40·0	33	18	54·5
Untertertia . .	57	24	42·1	55	17	30·9	5	4	80·0	39	16	41·0
Obertertia . . .	39	23	59·0	49	26	53·1	6	4	66·7	29	12	41·4
Untersecunda .	45	24	53·3	33	16	48·5	2	1	50·0	31	16	51·6
Obersecunda . .	25	20	80·0	27	18	66·7	—	—	—	18	10	55·6
Unterprima . .	12	7	58·3	19	15	78·9	1	1	100·0	12	6	50·0
Oberprima . .	18	13	72·2	14	6	42·9	1	1	100·0	9	7	77·8
Summa	556	192	34·5	460	151	32·8	53	23	43·4	321	117	36·4

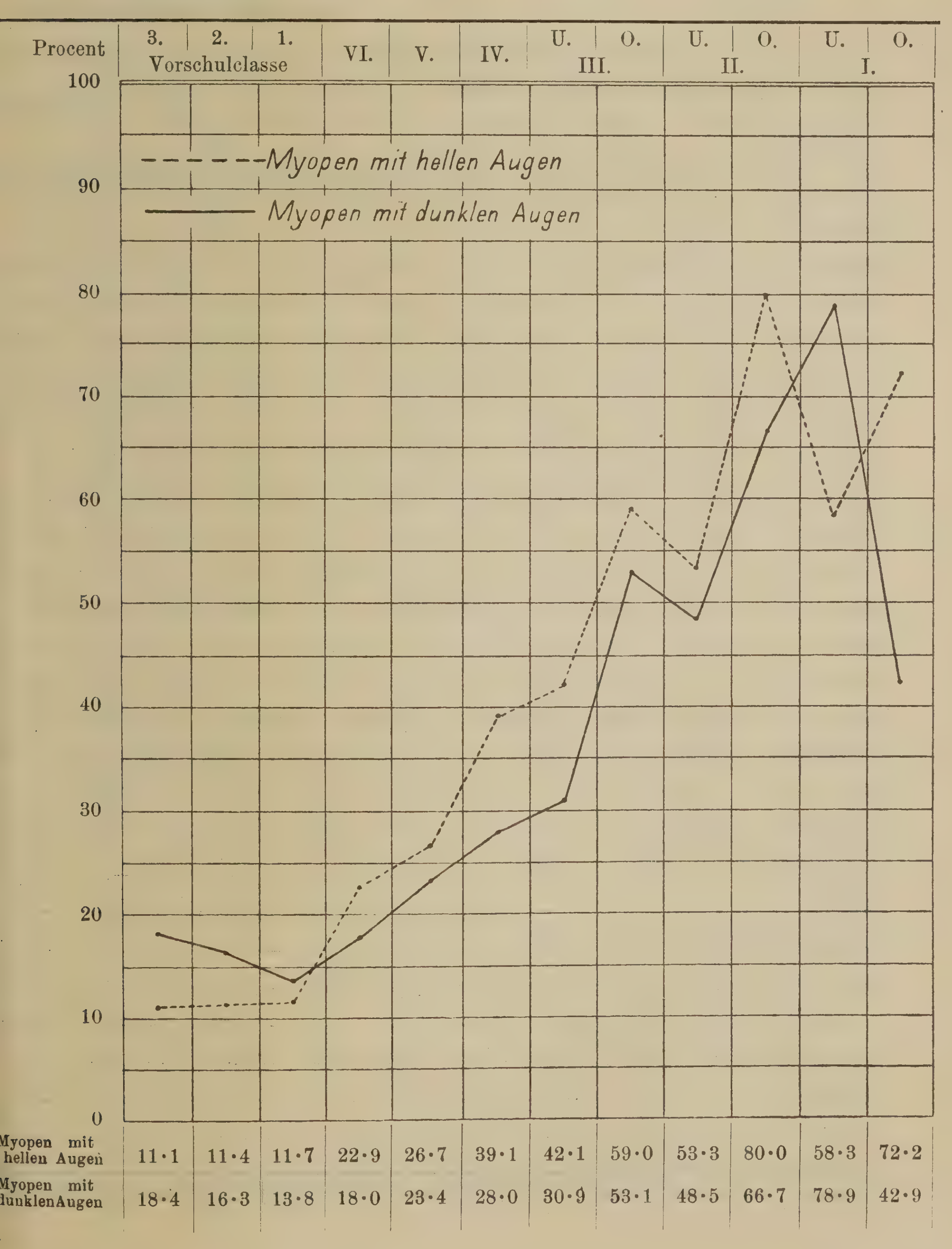
Curven zu Tabelle XI a.

Verhältniss der Farbe der Regenbogenhaut zur Myopie bei den Nichtjuden.



Curven zu Tabelle XI b.

Verhältniss der Farbe der Haare zur Myopie der Nichtjuden.



Tabelle

Verhältniss des Orbital-Index

Orbital-Index	3. Vorschulclasse			2. Vorschulclasse			1. Vorschulclasse			Sexta			Quinta			Quarta			Untertertia		
	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.
100—101	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
99—100	5	17	—	2	17	2	1	11	5	3	38	6	8	40	2	6	39	9	6	44	17
98—99	1	2	—	—	2	1	2	10	—	1	10	1	5	15	3	—	9	3	—	16	9
97—98	—	—	—	2	5	1	3	8	4	—	6	1	2	2	—	—	6	3	—	3	1
96—97	4	12	1	6	16	5	6	16	2	2	27	5	4	47	12	4	39	17	2	21	11
95—96	2	2	—	2	—	2	3	9	—	3	8	3	1	8	4	2	8	8	2	12	6
94—95	—	2	—	—	2	—	—	9	2	2	7	2	4	6	5	—	9	4	—	6	3
93—94	7	21	3	9	25	3	4	23	2	5	23	5	6	34	12	4	19	17	2	16	15
92—93	—	2	1	2	2	—	—	5	—	—	9	1	—	4	7	2	4	7	3	21	10
91—92	—	4	—	—	2	2	—	3	—	—	9	5	3	14	—	2	9	2	—	4	5
90—91	2	15	3	5	33	—	4	9	5	10	28	6	—	29	13	5	18	13	5	12	8
89—90	1	6	1	—	2	—	—	7	—	—	9	3	2	4	5	—	5	4	2	6	5
88—89	—	2	5	—	6	2	2	14	—	2	11	6	—	7	3	2	2	2	—	8	4
87—88	6	30	2	7	28	11	2	21	3	2	21	10	3	25	16	—	2	12	—	7	2
86—87	—	4	—	—	3	—	4	4	—	2	—	2	—	2	1	—	1	—	2	—	—
85—86	—	2	2	—	2	2	—	2	—	—	8	4	—	5	1	—	—	4	—	1	6
84—85	4	12	5	—	9	3	—	6	4	—	8	1	—	4	3	—	—	1	—	1	4
83—84	2	8	1	—	—	—	4	5	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
82—83	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	1
81—82	2	6	—	2	2	—	3	3	—	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
80—81	—	1	—	—	—	—	—	1	3	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
79—80	—	2	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
78—79	—	—	—	—	—	—	—	2	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
77—78	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
76—77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summa	36	150	24	37	156	34	38	170	30	38	234	61	38	248	87	27	170	106	24	182	108

XII. 1.

zum Brechungszustande.

Obertertia			Unter-secunda			Ober-secunda			Unter-prima			Ober-prima			Insgesammt						
															Sa.	Zahl			Procent		
H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.		H.	E.	M.	H.	E.	M.
—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	3	—	—	100·0	—
—	28	15	—	27	10	2	6	6	—	3	6	—	10	7	398	33	280	85	8·3	70·4	21·3
—	1	2	2	6	4	1	3	—	—	—	—	1	1	3	114	13	75	26	11·4	65·8	22·8
—	3	6	—	8	4	—	6	4	—	3	2	—	2	4	89	7	52	30	7·9	58·4	33·7
5	10	14	—	18	10	—	1	9	—	6	7	—	4	4	347	33	217	97	9·5	62·5	28·0
1	7	9	—	3	3	1	4	2	—	4	—	—	—	2	121	17	65	39	14·0	53·7	32·3
1	6	8	1	9	15	1	5	12	—	4	2	1	6	2	136	10	71	55	7·4	52·2	41·4
1	24	6	—	5	7	2	6	12	2	—	9	—	1	1	331	42	197	92	12·7	59·5	27·8
1	4	10	2	7	9	—	3	6	1	3	6	—	4	2	138	11	68	59	8·0	49·3	42·7
—	2	1	1	7	9	2	4	2	—	—	6	—	—	3	101	8	58	35	7·9	57·4	34·7
1	16	16	—	8	7	—	5	8	—	4	2	—	—	2	292	32	177	83	11·0	60·6	28·4
1	1	4	—	5	6	1	1	4	2	—	2	—	—	8	97	9	46	42	9·3	47·4	43·3
—	—	6	—	6	11	—	1	8	—	2	6	2	4	2	126	8	63	55	6·3	50·0	43·7
—	6	9	—	—	1	—	—	—	—	—	2	—	1	1	230	20	141	69	8·1	61·3	30·6
2	1	4	—	1	3	—	1	5	—	—	2	—	—	2	46	10	17	19	21·7	36·9	41·4
—	2	4	—	—	3	—	—	—	—	1	1	—	—	2	52	—	23	29	—	44·2	55·8
—	—	2	—	—	2	1	1	1	—	—	—	—	—	—	72	5	41	26	6·9	56·9	36·2
—	—	2	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	29	6	19	4	20·7	65·5	23·8
—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	7	—	5	2	—	71·4	28·6
—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	9	15	1	36·0	60·0	4·0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	—	5	3	—	62·5	37·5
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	1	4	—	20·0	80·0	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1	2	—	33·3	66·7	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	4	—	3	1	—	75·0	25·0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	—	—	100·0	—	—
13	113	118	6	71	104	11	48	81	5	30	53	4	34	46	2776	277	1647	852			

Tabelle

Verhältniss des Gesichts-Index

Gesichts-Index	3. Vorschulclasse			2. Vorschulclasse			1. Vorschulclasse			Sexta			Quinta			Quarta			Untertertia		
	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.
69—70	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	1	5	2	—	3	1	—	1	1
68—69	—	1	—	—	1	—	—	1	—	—	1	1	—	6	2	—	—	1	—	—	—
67—68	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	1	1	1
66—67	—	3	—	1	1	—	—	2	—	1	9	1	5	12	3	1	4	2	—	1	—
65—66	—	—	—	—	1	—	—	4	1	—	4	2	—	1	4	1	—	—	—	2	2
64—65	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
63—64	3	9	1	4	8	1	—	3	1	1	5	2	1	6	2	1	3	5	—	3	3
62—63	—	2	1	1	—	—	1	—	—	1	9	5	—	11	5	—	4	8	1	4	3
61—62	—	1	—	—	2	—	—	—	—	2	5	—	—	—	—	1	4	1	—	5	4
60—61	—	2	1	1	12	1	5	10	1	—	3	2	1	1	3	—	2	1	—	3	2
59—60	—	—	2	—	1	—	3	1	—	—	1	—	1	1	1	1	6	4	2	4	12
58—59	4	16	1	2	12	9	3	13	3	3	16	9	3	19	7	1	11	9	2	10	2
57—58	1	3	—	—	2	—	—	—	—	1	—	—	—	3	—	3	6	—	—	13	6
56—57	3	9	2	—	10	—	—	5	2	2	3	1	1	1	1	—	—	—	—	2	3
55—56	—	2	—	1	1	1	3	7	2	3	13	3	6	13	4	1	14	7	—	11	11
54—55	5	12	4	4	13	2	3	8	5	1	7	1	1	8	5	1	1	2	1	2	1
53—54	—	—	—	—	—	1	1	6	1	1	4	3	1	8	—	2	12	7	3	11	5
52—53	1	3	—	—	4	1	2	2	—	—	1	—	—	1	—	—	1	—	—	2	—
51—52	1	2	—	2	2	1	1	2	—	3	16	1	1	9	7	2	3	5	1	4	2
50—51	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
49—50	—	4	—	2	5	1	2	12	1	1	7	2	2	4	1	—	2	3	1	—	3
48—49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	1	—
47—48	1	1	1	—	1	1	—	1	—	1	4	2	—	—	—	—	—	1	—	—	1
46—47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
45—46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
44—45	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	2	2	—	—	—	1	1	—
Summa	20	72	13	19	76	19	24	78	17	21	109	37	24	112	51	15	78	59	13	82	62

XII. 2.

zum Brechungszustande.

Obertertia			Unter-secunda			Ober-secunda			Unter-prima			Ober-prima			Insgesammt						
															Sa.	Zahl			Procent		
H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.		H.	E.	M.	H.	E.	M.
—	2	1	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	21	1	13	7	4·8	61·9	33·3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14	—	10	4	—	71·4	28·6
—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	10	3	3	4	30·0	30·0	40·0
—	1	3	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	53	8	34	11	15·1	64·2	20·7
—	—	1	—	1	—	—	—	1	1	—	1	—	1	—	28	2	14	12	7·1	50·0	43·9
—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	1	—	1	1	7	1	2	4	14·3	28·6	57·1
—	5	2	—	2	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	73	10	44	19	11·0	60·3	28·7
1	8	5	—	1	3	—	—	—	—	—	—	—	1	—	75	5	40	30	6·7	53·3	40·0
—	6	2	—	2	3	—	—	—	—	1	2	—	—	—	41	3	26	12	7·3	63·4	29·3
—	2	2	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	1	58	7	36	15	12·1	62·1	25·8
—	4	8	—	3	6	1	2	4	—	—	1	1	1	1	72	9	24	39	12·5	33·3	54·2
1	4	3	—	4	1	—	—	1	—	—	1	—	1	—	171	19	106	46	11·1	62·0	26·9
2	5	3	3	11	7	2	6	8	1	5	5	—	3	7	106	13	57	36	12·3	53·8	33·9
—	—	—	—	1	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	48	7	31	10	14·6	64·6	20·8
—	4	12	1	10	2	1	2	8	—	4	8	—	—	3	158	16	81	61	10·1	51·3	38·6
—	—	3	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	92	16	52	24	17·4	56·5	26·1
2	5	10	—	6	14	—	2	7	—	1	6	—	4	6	129	10	59	60	7·8	45·7	46·4
—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	20	3	14	3	15·0	70·0	15·0
—	6	3	—	3	7	—	2	4	—	1	3	—	2	2	100	11	54	35	11·0	54·0	35·0
—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	2	—	—	100·0	—
—	—	4	—	3	6	1	—	7	1	—	1	—	—	4	80	10	37	33	12·5	46·3	41·2
—	—	1	—	1	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	8	—	2	6	—	25·0	75·0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	2	7	6	13·3	46·7	40·0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	100·0	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	10	1	4	5	10·0	40·0	50·0
6	52	64	4	50	57	7	16	47	3	12	29	1	14	27	1390	157	751	482			

Tabelle

Verhältniss des Stirn-Index

Stirn-Index	3. Vorschulclasse			2. Vorschulclasse			1. Vorschulclasse			Sexta			Quinta			Quarta			Untertertia		
	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.
81—82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
80—81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	1	—	—
79—80	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	2	1	1	6	3	—	7	2	—	—	—
78—79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
77—78	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	3	2
76—77	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	6	—	5	13	2	1	5	7	—	1	2
75—76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
74—75	1	2	—	1	3	—	—	1	1	—	5	1	—	6	4	1	5	4	—	1	2
73—74	—	1	—	1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1
72—73	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	4	—	—	2	1	2	3	—	2	6	7
71—72	—	1	—	—	—	—	5	3	—	1	6	5	—	12	3	1	2	6	1	8	6
70—71	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
69—70	4	14	2	5	23	4	7	20	3	—	23	7	3	15	7	—	11	10	—	11	5
68-69	—	3	1	1	4	—	—	2	1	1	4	2	1	3	3	3	7	2	—	10	9
67—68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
66—67	1	4	1	2	3	8	3	9	—	4	10	8	4	15	7	1	15	7	3	13	10
65—66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	3	—	—	3	1
64—65	6	19	5	2	19	1	1	11	6	3	7	2	1	4	1	1	—	—	—	—	4
63—64	2	4	—	—	1	—	—	4	3	4	7	3	4	14	4	2	12	10	3	13	7
62—63	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	1	3	—
61—62	—	4	1	5	6	—	3	3	1	3	16	1	1	6	6	—	1	3	—	2	1
60—61	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	1	1	2	—	—	4	1
59—60	2	11	2	1	7	3	—	9	—	1	2	1	1	1	—	—	—	—	—	—	1
58—59	1	2	—	—	1	1	—	1	1	1	9	2	1	6	2	—	3	5	—	1	1
57—58	—	4	—	1	4	—	2	4	1	1	4	—	1	1	1	—	—	—	—	1	—
56—57	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	2	4	—	1	—	1	—	—
55—56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
54—55	1	—	1	—	—	2	2	4	—	—	2	4	—	2	1	—	—	1	1	1	1
53—54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
52—53	—	1	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
51—52	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summa	20	72	13	19	76	19	24	78	17	21	109	37	24	112	51	15	78	59	13	82	62

XII. 3.

um Brechungszustande.

Obertertia			Unter-secunda			Ober-secunda			Unter-prima			Ober-prima			Sa.	Insgesammt					
																Zahl			Procent		
H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.	H.	E.	M.		H.	E.	M.	H.	E.	M.
—	—	—	—	1	2	—	—	1	—	—	—	—	—	1	7	—	2	5	—	28·6	71·4
—	2	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	8	2	3	3	25·0	37·5	37·5
—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26	1	18	7	3·6	69·2	27·2
—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	100·0
—	2	4	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	2	—	16	—	8	8	—	50·0	50·0
—	4	3	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	53	8	30	15	15·1	56·6	28·3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	1	—	—	100·0	—
—	2	2	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	45	3	27	15	6·7	60·0	33·3
—	—	1	—	—	2	1	—	2	1	—	—	—	—	—	14	3	5	6	21·4	35·7	42·9
—	6	4	—	7	3	1	1	2	—	2	—	—	1	1	57	5	34	18	8·8	60·0	31·2
—	4	5	1	1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	74	9	37	28	12·2	50·0	37·8
—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	1	6	1	2	3	16·7	33·3	50·0
—	4	3	—	6	4	—	2	6	—	3	5	—	1	1	209	19	133	57	9·1	63·6	27·3
4	9	10	2	5	3	—	4	4	—	—	4	1	—	2	106	13	52	41	12·3	49·1	38·6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	5	5	1	7	5	1	2	6	1	1	6	—	1	5	175	22	85	68	12·6	48·6	38·8
—	2	1	—	3	6	1	4	4	—	2	5	—	6	7	50	1	25	24	2·0	50·0	48·0
—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	94	14	60	20	14·9	63·8	21·3
1	5	11	—	6	7	1	—	5	—	1	2	—	—	1	137	17	67	53	12·4	48·9	38·7
—	1	1	—	3	5	—	—	3	—	2	4	—	1	1	28	3	11	14	10·7	39·3	50·0
—	1	2	—	1	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	69	12	41	16	17·4	59·4	23·2
—	2	4	—	3	4	1	—	6	1	1	1	—	—	3	39	3	16	20	7·7	41·0	51·3
—	—	1	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46	5	30	11	10·9	65·2	23·9
—	1	3	—	5	4	—	1	4	—	—	1	—	—	2	59	3	30	26	5·1	50·8	44·1
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	5	18	2	20·0	72·0	8·0
—	—	2	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	1	16	3	4	9	18·7	25·0	56·3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24	4	9	11	16·7	37·5	45·8
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	5	1	3	1	20·0	60·0	20·0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	100·0	—
6	52	64	4	50	57	7	16	47	3	12	29	1	14	27	1390	157	751	482			

Tabelle XII. 4.

Verhältniss des Orbital-Index, des Gesichts- und des Stirn-Index zum Brechungszustande (unter Zugrundelegung des Classendurchschnittswerthes).

a) Orbital-Index.

Classe	Hypermetropen		Emmetropen		Myopen		Durchschnitt	
	Zahl der Augen	Index	Zahl der Augen	Index	Zahl der Augen	Index	Zahl der Augen	Index
3. Vorschulclasse	36	91·4	150	90·5	24	88·6	210	90·4
2. „	37	92·5	156	91·8	34	91·0	227	91·8
1. „	38	91·3	170	91·9	30	91·9	238	91·8
Sexta	38	90·6	234	92·8	61	91·6	333	92·3
Quinta	38	95·4	248	94·1	87	92·0	373	93·7
Quarta	27	94·2	170	95·7	106	93·4	303	94·8
Untertertia	24	93·7	182	95·2	108	93·7	314	94·6
Obertertia	13	93·4	113	94·8	118	93·0	244	93·9
Untersecunda	6	94·2	112	95·9	104	93·1	222	94·2
Obersecunda	11	94·1	48	94·2	81	92·6	140	93·4
Unterprima	5	92·1	30	94·5	53	93·2	88	93·6
Oberprima	4	92·3	34	95·2	46	93·2	84	94·0
Ges.-Durchschnitt	277	92·8	1647	93·6	852	92·7	2776	93·3

b) Gesichts-Index.

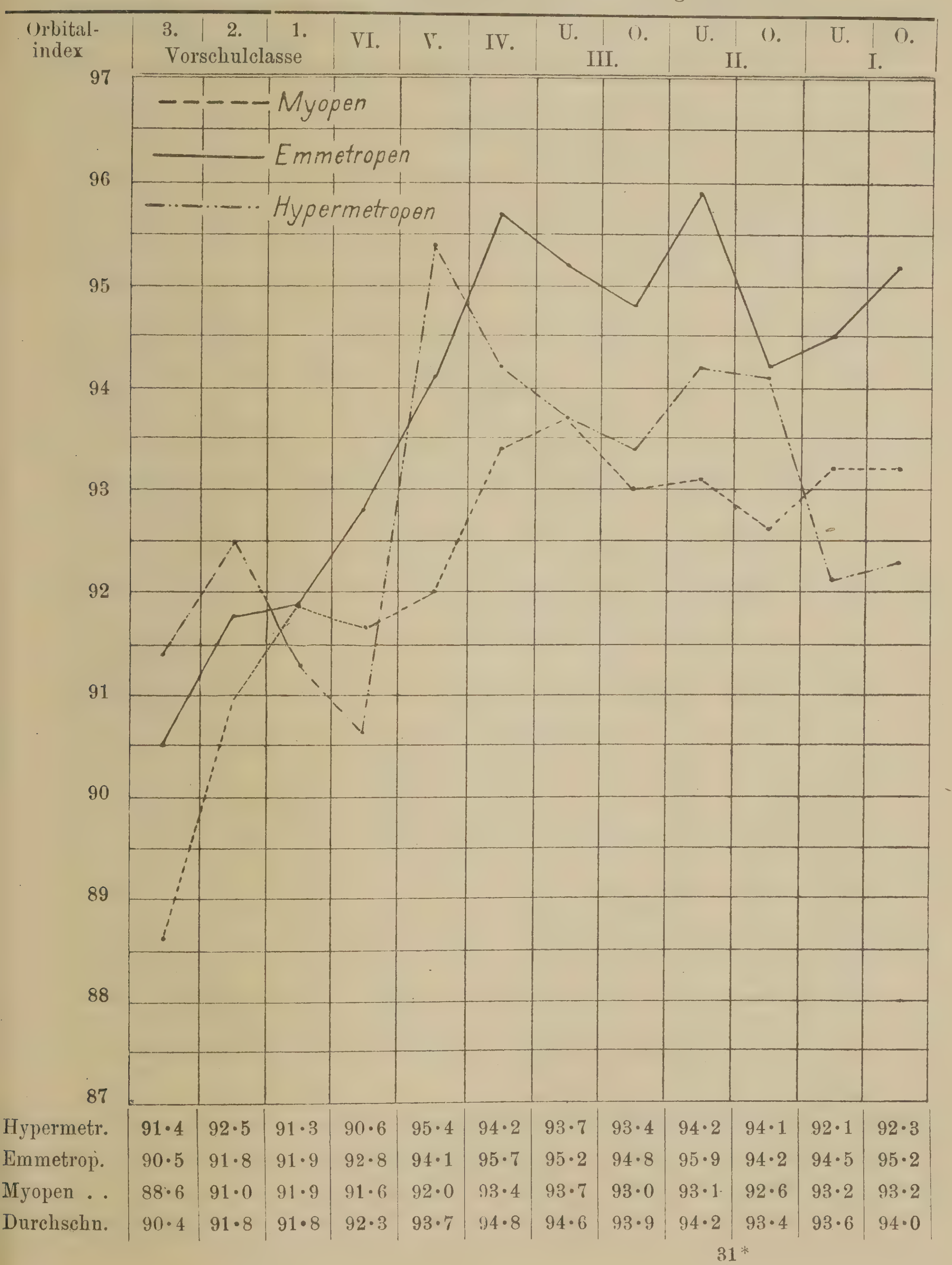
	Zahl der Schüler	Index	Zahl der Schüler	Index	Zahl der Schüler	Index	Zahl der Schüler	Index
3. Vorschulclasse	20	57·1	72	57·4	13	57·8	105	57·4
2. „	19	58·1	76	57·6	19	56·3	114	57·4
1. „	24	56·8	78	57·2	17	56·5	119	56·9
Sexta	21	56·7	109	57·6	37	57·5	167	57·5
Quinta	24	59·1	112	59·0	51	58·5	187	58·9
Quarta	15	58·0	78	58·6	59	58·5	152	58·5
Untertertia	13	56·0	82	57·7	62	58·1	157	57·7
Obertertia	6	57·2	52	59·3	64	57·6	122	58·3
Untersecunda	4	57·0	50	56·6	57	56·2	111	56·4
Obersecunda	7	57·8	16	56·3	47	55·6	70	56·0
Unterprima	3	57·5	12	56·3	29	56·1	44	56·2
Oberprima	1	60·0	14	57·8	27	54·7	42	55·8
Ges.-Durchschnitt	157	57·5	751	57·9	482	57·2	1390	57·6

c) Stirn-Index.

	Zahl der Schüler	Index	Zahl der Schüler	Index	Zahl der Schüler	Index	Zahl der Schüler	Index
3. Vorschulclasse	20	64·2	72	64·6	13	64·2	105	64·6
2. „	19	66·2	76	67·6	19	64·5	114	66·8
1. „	24	65·6	78	65·7	17	65·4	119	65·6
Sexta	21	65·2	109	66·5	37	66·2	167	66·2
Quinta	24	67·7	112	68·3	51	67·0	187	67·9
Quarta	15	68·3	78	69·0	59	68·7	152	68·8
Untertertia	13	66·3	82	67·5	62	68·5	157	67·8
Obertertia	6	67·2	52	69·9	64	67·6	122	68·5
Untersecunda	4	68·6	50	67·0	57	66·4	111	66·8
Obersecunda	7	69·2	16	66·7	47	65·8	70	66·4
Unterprima	3	67·2	12	66·7	29	66·2	44	66·4
Oberprima	1	68·2	14	69·2	27	65·1	42	66·5
Ges.-Durchschnitt	157	66·4	751	67·3	482	66·8	1390	67·1

Curven zu Tabelle XII. 4.

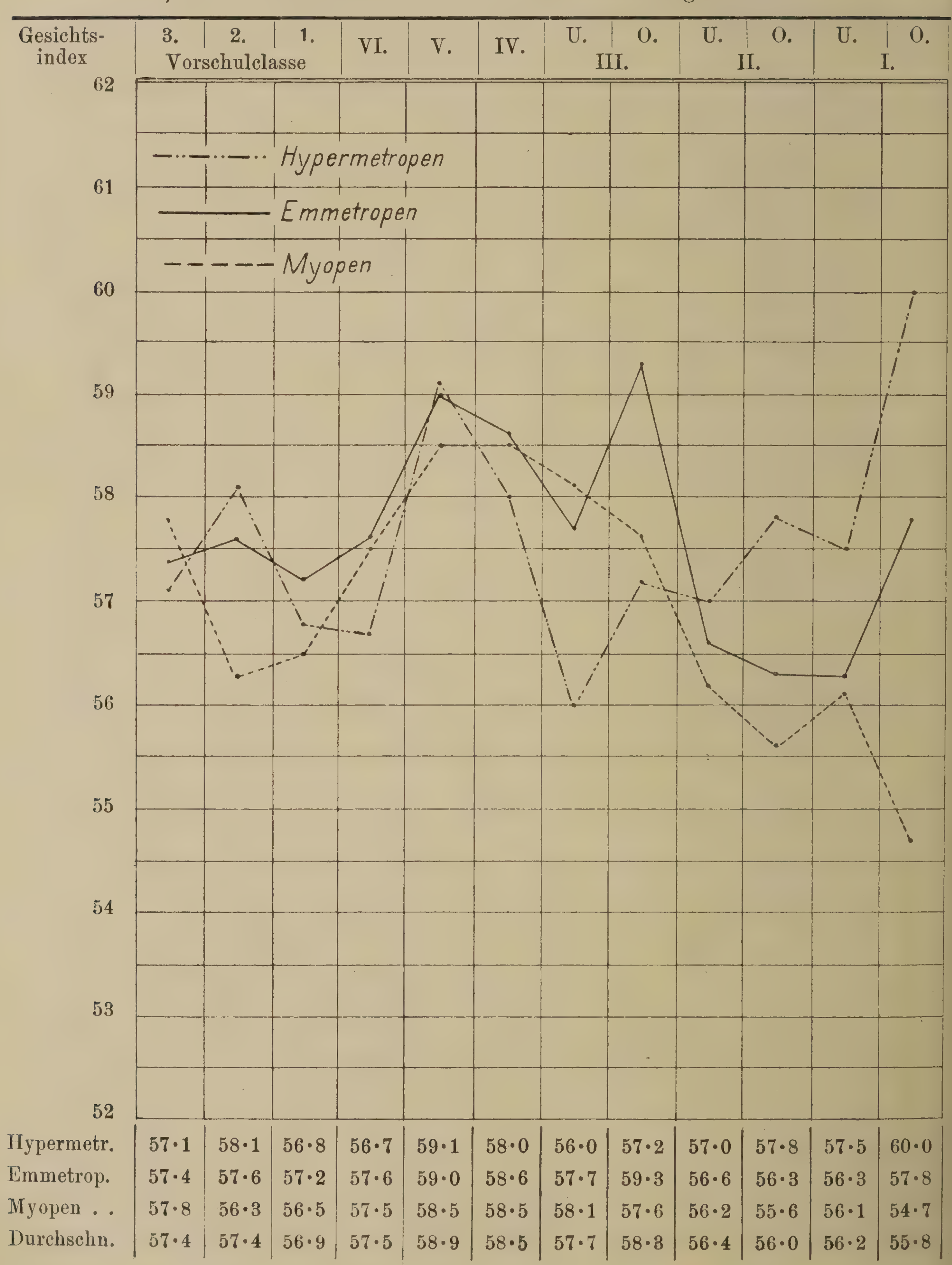
a) Verhältniss des Orbitalindex zum Brechungszustande.



	3.	2.	1.	VI.	V.	IV.	III. U.	III. O.	II. U.	II. O.	I. U.	I. O.
Hypermetr.	91·4	92·5	91·3	90·6	95·4	94·2	93·7	93·4	94·2	94·1	92·1	92·3
Emmetrop.	90·5	91·8	91·9	92·8	94·1	95·7	95·2	94·8	95·9	94·2	94·5	95·2
Myopen . .	88·6	91·0	91·9	91·6	92·0	93·4	93·7	93·0	93·1	92·6	93·2	93·2
Durchschn.	90·4	91·8	91·8	92·3	93·7	94·8	94·6	93·9	94·2	93·4	93·6	94·0

Curven zu Tabelle XII. 4.

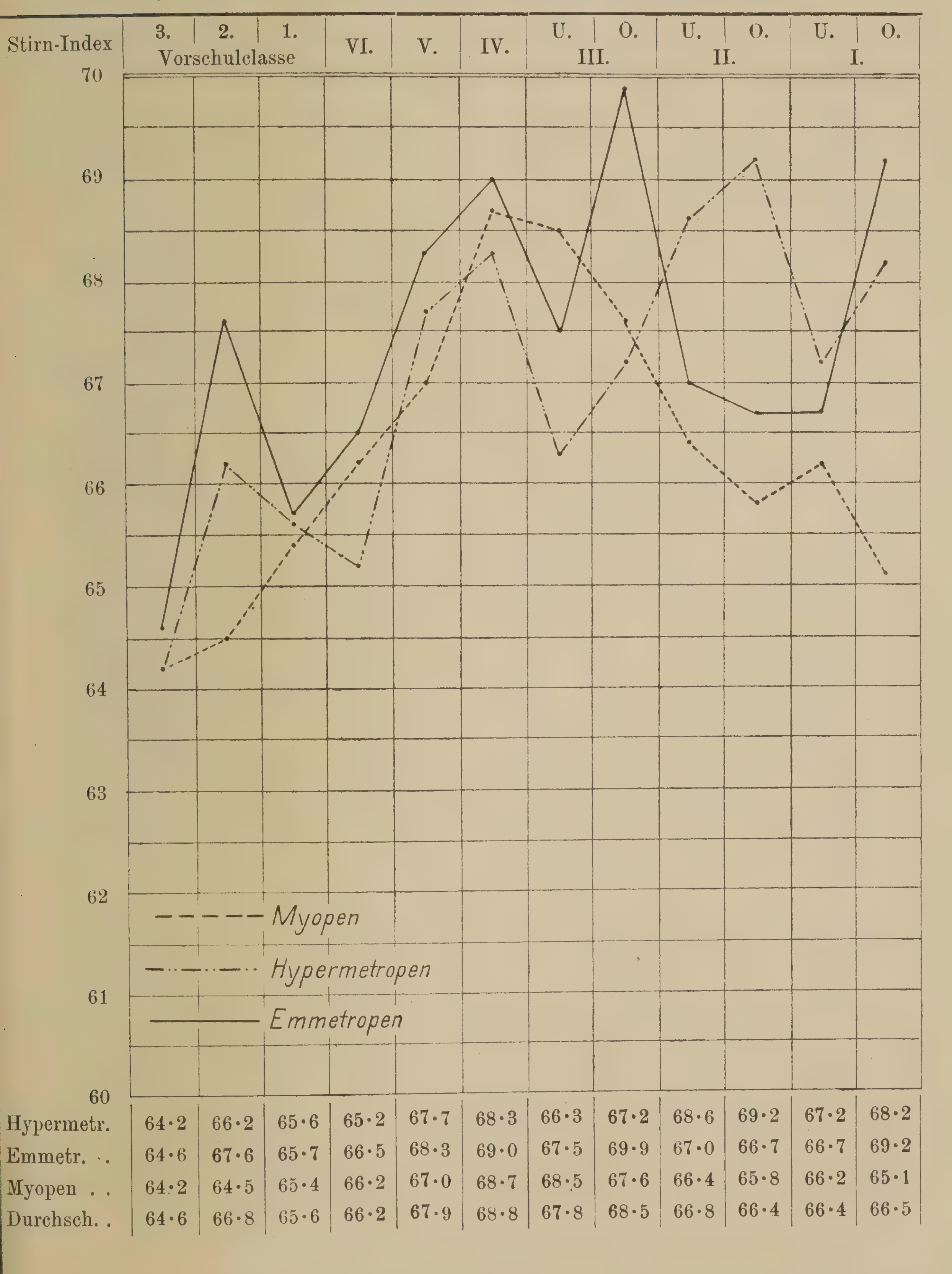
b) Verhältniss des Gesichtsindex zum Brechungszustande.



	3.	2.	1.	VI.	V.	IV.	III. U.	III. O.	II. U.	II. O.	I. U.	I. O.
Hypermetr.	57·1	58·1	56·8	56·7	59·1	58·0	56·0	57·2	57·0	57·8	57·5	60·0
Emmetrop.	57·4	57·6	57·2	57·6	59·0	58·6	57·7	59·3	56·6	56·3	56·3	57·8
Myopen . .	57·8	56·3	56·5	57·5	58·5	58·5	58·1	57·6	56·2	55·6	56·1	54·7
Durchschn.	57·4	57·4	56·9	57·5	58·9	58·5	57·7	58·3	56·4	56·0	56·2	55·8

Curven zu Tabelle XII. 4.

c) Verhältniss des Stirn-Index zum Brechungszustande.



	3.	2.	1.	VI.	V.	IV.	III. U.	III. O.	II. U.	II. O.	I. U.	I. O.
Hypermetr.	64·2	66·2	65·6	65·2	67·7	68·3	66·3	67·2	68·6	69·2	67·2	68·2
Emmetr. . .	64·6	67·6	65·7	66·5	68·3	69·0	67·5	69·9	67·0	66·7	66·7	69·2
Myopen . .	64·2	64·5	65·4	66·2	67·0	68·7	68·5	67·6	66·4	65·8	66·2	65·1
Durchsch. .	64·6	66·8	65·6	66·2	67·9	68·8	67·8	68·5	66·8	66·4	66·4	66·5

Tabelle XII. 5.

Orbital-Index der Anisometropen.

Classe	**Ein Auge hypermetropisch** Ein Auge emmetropisch				**Ein Auge hypermetropisch** *Ein Auge myopisch*				*Ein Auge myopisch* Ein Auge emmetropisch			
	Zahl	Orbital-Index			Zahl	Orbital-Index			Zahl	Orbital-Index		
		gleich	**H. höher**	**H. niedriger**		gleich	*M. höher*	*M. niedriger*		gleich	*M. höher*	*M. niedriger*
3. Vorschulclasse . .	4	4							2	*1*		*1*
2. „	3	3			2	2			4	*4*		
1. „	10	6	2	2					4	*2*	*1*	*1*
Sexta	4	3	1		1			*1*	12	*11*	*1*	
Quinta	9	8	1						15	*15*		
Quarta	2	2							12	*10*		*2*
Untertertia	2	1	1						16	*11*	*1*	*4*
Obertertia	2	1		1	3	3			7	*5*		*2*
Untersecunda . . .	2	2							10	*9*		*1*
Obersecunda . . .	4	4			1			*1*	12	*11*		*1*
Unterprima	1	1							5	*4*		*1*
Oberprima					2	1	*1*		6	*6*		
Summa	43	35	5	3	9	6	*1*	2	105	*89*	*3*	*13*

Tabelle XIII.

Verhältniss des Brechungszustandes der Eltern zu dem der Kinder.

Friedrichs-Gymnasium.

Eltern		Söhne					Töchter					Kinder überhaupt				
Brechungszustand	Zahl der Familien	Zahl	Hypermtr. und Emmetr.		Myopen		Zahl	Hypermtr. und Emmetr.		Myopen		Zahl	Hypermtr. und Emmetr.		Myopen	
			Zahl	Procent	Zahl	Procent		Zahl	Procent	Zahl	Procent		Zahl	Procent	Zahl	Procent
Beide Eltern Myopen	27	47	22	46·8	25	53·2	37	21	56·8	16	43·2	84	43	51·2	41	48·8
Nur der Vater Myop	107	219	141	64·4	78	35·6	148	121	81·8	27	18·2	367	262	71·4	105	28·6
Nur die Mutter Myop	49	94	58	61·7	36	38·3	66	53	80·3	13	19·7	160	111	69·4	49	30·6
Summa	183	360	221	61·4	139	36·6	251	195	77·7	56	22·3	611	416	68·1	195	31·9
Beide Eltern Emmetropen etc.	290	602	487	80·9	115	19·1	359	345	96·1	14	3·9	961	832	86·6	129	13·4
Summa	473	962	708	73·6	254	26·4	610	540	88·5	70	11·5	1572	1248	79·4	324	20·6

Leibniz-Gymnasium.

Brechungszustand	Zahl der Familien	Söhne Zahl	Söhne Hypermtr. und Emmetr. Zahl	Procent	Söhne Myopen Zahl	Procent	Töchter Zahl	Töchter Hypermtr. und Emmetr. Zahl	Procent	Töchter Myopen Zahl	Procent	Kinder Zahl	Kinder Hypermtr. und Emmetr. Zahl	Procent	Kinder Myopen Zahl	Procent
Beide Eltern Myopen	23	46	22	47·8	24	52·2	27	21	77·8	6	22·2	73	43	58·9	30	41·1
Nur der Vater Myop	99	194	131	67·5	63	32·5	112	95	84·8	17	15·2	306	226	73·9	80	26·1
Nur die Mutter Myop	51	96	56	58·3	40	41·7	70	50	71·4	20	28·6	166	106	63·9	60	36·1
Summa	173	336	209	62·2	127	37·8	209	166	79·4	43	20·6	545	375	68·8	170	31·2
Beide Eltern Emmetropen etc.	340	686	540	78·7	146	21·3	422	395	93·6	27	6·4	1108	935	84·4	173	15·6
Summa	513	1022	749	73·4	273	26·6	631	561	88·9	70	11·1	1653	1310	79·2	343	20·8

Beide Gymnasien zusammen.

Brechungszustand	Zahl der Familien	Söhne Zahl	Söhne Hypermtr. und Emmetr. Zahl	Procent	Söhne Myopen Zahl	Procent	Töchter Zahl	Töchter Hypermtr. und Emmetr. Zahl	Procent	Töchter Myopen Zahl	Procent	Kinder Zahl	Kinder Hypermtr. und Emmetr. Zahl	Procent	Kinder Myopen Zahl	Procent
Beide Eltern Myopen	50	93	44	47·3	49	52·7	64	42	65·6	22	34·4	157	86	54·8	71	45·2
Nur der Vater Myop	206	413	272	65·9	141	34·1	260	216	83·1	44	16·9	673	488	72·2	185	27·8
Nur die Mutter Myop	100	190	114	60·0	76	40·0	136	103	75·7	33	24·3	326	217	66·6	109	33·4
Summa	356	696	430	61·8	266	38·2	460	361	78·5	99	21·5	1156	791	68·4	365	31·6
Beide Eltern Emmetropen etc.	630	1288	1027	79·7	261	20·3	781	740	94·7	41	5·3	2069	1767	85·4	302	14·6
Summa	986	1984	1457	73·5	527	26·5	1241	1101	88·7	140	11·3	3225	2558	79·3	667	20·7

Curven zu Tabelle XIII.

Verhältniss des Brechungszustandes der Eltern zu dem der Kinder.

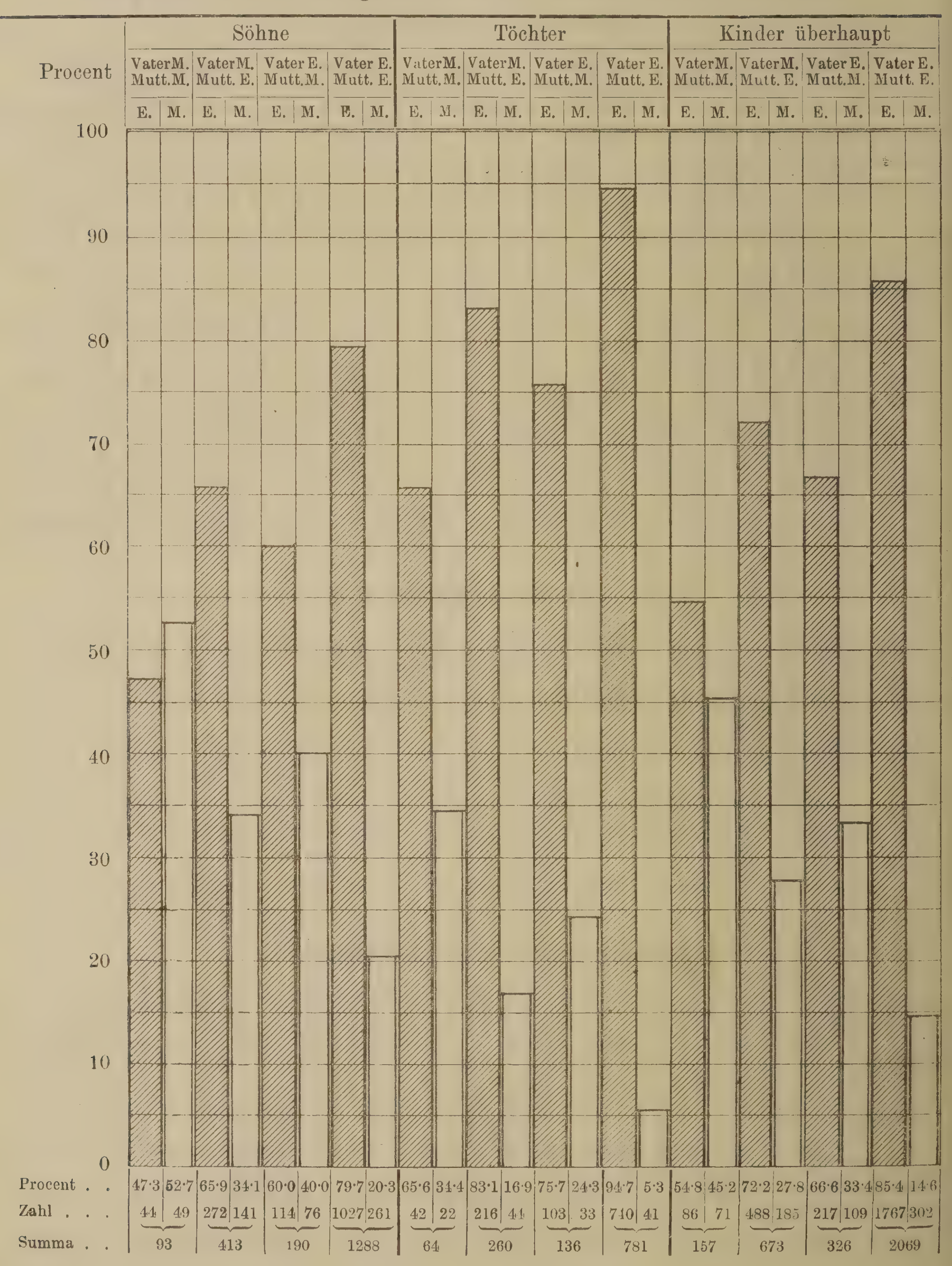


Tabelle XIII. 2.

Grad der Kurzsichtigkeit im Verhältniss zur Erblichkeit.

Classe	Friedrichs-Gymnasium				Leibniz-Gymnasium				Beide Gymnasien zusammen			
	Beide Eltern M.	Vater M. Mutter E.	Vater E. Mutter M.	Beide Eltern E.	Beide Eltern M.	Vater M. Mutter E.	Vater E. Mutter M.	Beide Eltern E.	Beide Eltern M.	Vater M. Mutter E.	Vater E. Mutter M.	Beide Eltern E.
3. Vorschulclasse . .	—	10·0	4·0	19·0	—	—	4·0	17·0	—	10·0	8·0	36·0
	—	3	2	3	—	—	1	4	—	3	3	7
	—	1·6	1·0	3·2	—	—	2·0	2·1	—	1·6	1·3	2·6
2. Vorschulclasse . .	4·0	5·5	7·0	9·0	—	11·3	4·0	3·5	4·0	16·8	11·0	12·5
	2	3	2	2	—	3	2	2	2	6	4	4
	1·0	0·9	1·8	2·3	—	1·9	1·0	0·9	1·0	1·4	1·4	1·6
1. Vorschulclasse . .	3·0	20·5	—	10·0	6·0	—	3·0	1·0	3·0	20·5	3·0	11·0
	1	3	—	4	3	—	1	1	1	3	1	5
	1·5	3·8	—	1·3	1·0	—	1·5	0·5	1·5	3·8	1·5	1·1
Sexta . . .	1·0	6·5	38·0	21·5	5·5	8·0	2·0	17·5	6·5	14·5	40·0	39·0
	1	3	4	6	4	4	1	9	5	7	5	15
	0·5	1·1	4·8	1·8	0·7	1·0	1·0	1·0	0·7	1·0	4·0	1·3
Quinta . . .	4·5	28·0	25·0	54·0	—	17·0	7·0	76·3	4·5	45·0	32·0	130·3
	2	9	4	11	—	4	3	11	2	13	7	22
	1·1	1·6	3·1	2·5	—	2·1	1·2	3·5	1·1	1·7	2·3	3·0
Quarta . . .	4·5	38·5	18·0	93·3	5·5	26·0	9·8	27·5	10·0	64·5	27·8	120·8
	2	7	6	13	2	9	3	3	4	16	9	16
	1·1	2·8	1·5	3·6	1·4	1·4	1·6	1·5	1·3	2·0	1·5	3·8
Untertertia .	13·5	30·0	27·0	53·8	3·5	10·5	13·3	18·5	17·0	40·5	40·3	72·3
	2	9	7	10	1	6	4	8	3	15	11	18
	3·4	1·7	1·9	2·7	1·8	0·9	1·7	1·2	2·8	1·7	1·8	2·0
Obertertia . .	12·0	33·5	20·0	61·5	14·0	33·5	15·5	77·3	26·0	67·0	35·5	138·8
	2	8	5	15	2	6	4	14	4	14	9	29
	3·0	2·1	2·0	2·5	3·5	2·8	1·9	2·8	3·3	2·4	2·0	2·4
Untersecunda	10·3	32·8	16·0	55·3	—	41·5	41·3	54·3	10·3	74·3	57·3	109·6
	2	6	3	11	—	5	7	15	2	11	10	26
	2·6	2·7	2·7	2·5	—	4·2	3·0	1·8	2·6	3·4	2·8	2·1
Obersecunda .	15·0	14·3	—	59·5	10·3	33·0	25·5	46·5	25·3	47·3	25·5	106·0
	3	5	—	8	2	3	4	14	5	8	4	22
	2·5	1·4	—	3·7	2·6	5·5	3·2	1·7	2·5	3·0	3·2	2·4
Unterprima .	17·0	7·5	16·0	21·0	3·5	19·0	14·0	39·0	20·5	26·5	30·0	60·0
	2	3	1	4	1	4	2	9	3	7	3	13
	4·3	1·3	8·0	2·6	1·8	2·4	3·5	2·2	3·4	1·9	5·0	2·3
Oberprima .	23·0	50·5	—	17·0	—	0·5	7·0	36·8	23·0	51·0	7·0	53·8
	2	6	—	3	—	1	2	8	2	7	2	11
	5·8	4·2	—	2·8	—	0·3	1·8	2·3	5·8	3·6	1·8	2·4
Durchschnitt	107·8	271·6	171·0	474·9	48·3	200·3	146·4	415·2	156·1	471·9	317·4	890·1
	21	65	34	90	15	45	34	98	36	110	68	188
	2·6	2·1	2·5	2·6	1·6	2·2	2·2	2·1	2·2	2·1	2·3	2·4

Tabelle XIV.

Kurzsichtigkeit verschiedener Stände.

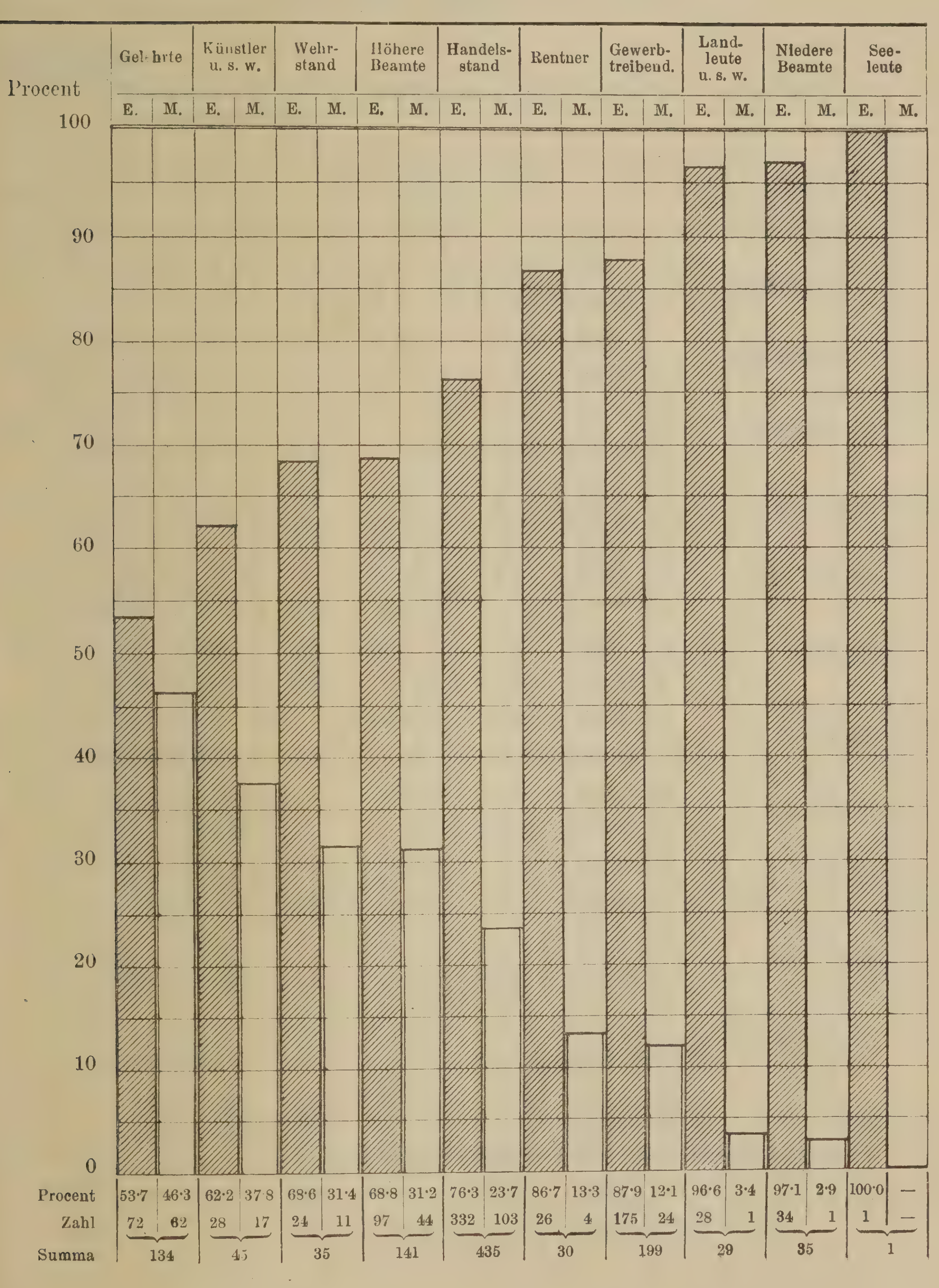
Stand	Zahl	Myopen Zahl	Myopen Proc.
I. Gelehrte.			
Aerzte	20	13	65·0
Apotheker	13	5	38·5
Geistliche	10	3	30·0
Geologen	1	—	—
Rechtsanwälte, Richter	7	3	42·9
Regierungsräthe	7	3	42·9
Schriftsteller	6	3	50·0
Schulmänner	62	30	48·4
Thierärzte	5	1	20·0
Zahnärzte	3	1	33·3
Summa	134	62	46·3
II. Künstler u. dgl.			
Baumeister	15	6	40·0
Bildhauer	1	—	—
Geometer	1	—	—
Ingenieure	22	7	31·8
Musiker	4	3	75·0
Schauspieler	2	1	50·0
Summa	45	17	37·8
III. Wehrstand.			
Officiere	17	8	47·1
Schutzleute	7	2	28·6
Unterofficiere	6	—	—
Zahlmeister	5	1	20·0
Summa	35	11	31·4
IV. Beamte.			
Bürgermeister, Magistrat	3	—	—
Inspectoren	5	2	40·0
Kanzleibeamte	8	2	25·0
Kassenbeamte	21	5	23·8
Polizeibeamte	8	1	12·5
Postbeamte	25	17	68·0
Rechnungsräthe	6	2	33·3
Secretäre	49	14	28·6
Steuerbeamte	4	1	25·0
Telegraphenbeamte	12	—	—
Summa	141	44	31·2

Stand	Zahl	Myopen Zahl	Myopen Proc.
V. Handelsstand.			
Agenten	2	1	50·0
Buchhändler	6	3	50·0
Buchhalter	21	6	28·6
Holzhändler	9	2	22·2
Kaufleute	388	89	22·9
Makler	5	2	40·0
Spediteure	1	—	—
Weinhändler	3	—	—
Summa	435	103	23·7
VI. Rentner	30	4	13·3
Summa	30	4	13·3
VII. Gewerbtreibende.			
Appreteure	1	—	—
Arbeiter	1	—	—
Bäcker, Conditoren	8	—	—
Barbiere	1	—	—
Brauer	4	1	25·0
Buchbinder	3	—	—
Buchdrucker	8	1	12·5
Destillateure, Gastwirthe	16	2	12·5
Drechsler	1	—	—
Fabrikanten	60	8	13·3
Glaser	1	—	—
Goldarbeiter	1	—	—
Hutmacher	1	—	—
Klempner, Mechaniker	10	2	20·0
Korbmacher	1	—	—
Kürschner	1	—	—
Kupferschmiede	1	—	—
Maler	7	—	—
Maurer	11	4	36·4
Metalldreher	2	1	50·0
Müller	2	—	—
Optiker	1	1	100·0
Schieferdecker	1	—	—
Schlächter	4	1	25·0
Schlosser	8	—	—
Schmiede	1	—	—
Schneider	7	—	—
Schornsteinfeger	1	—	—
Schuhmacher	2	—	—
Seiler	1	—	—
Latus	167	21	

Stand	Zahl	Myopen Zahl	Myopen Proc.
Transport	167	21	
Steindrucker	5	2	40·0
Tapezierer	2	—	—
Tischler	13	1	7·7
Werkmeister	3	—	—
Uhrmacher	2	—	—
Zimmerleute	7	—	—
Summa	199	24	12·1
VIII. Land- und Forstleute.			
Förster	2	1	50·0
Fuhrleute	3	—	—
Gärtner	4	—	—
Gutsbesitzer	19	—	—
Stallmeister	1	—	—
Summa	29	1	3·4
IX. Niedere Beamte.			
Aufseher, Verwalter	6	1	16·7
Bahnschaffner u. s. w.	12	—	—
Briefträger	1	—	—
Nachtwächter	1	—	—
Schul- u. Bureaudiener	15	—	—
Summa	35	1	2·9
X. Seeleute	1	—	—
Summa	1	—	—
Uebersicht.			
I. Gelehrte	134	62	46·3
II. Künstler u. dgl.	45	17	37·8
III. Wehrstand	35	11	31·4
IV. Beamte	141	44	31·2
V. Handelsstand	435	103	23·7
VI. Rentner	30	4	13·3
VII. Gewerbtreibende	199	24	12·1
VIII. Landleute u. dgl.	29	1	3·4
IX. Niedere Beamte	35	1	2·9
X. Seeleute	1	—	—
Summa	1084	267	24·6

Curven zu Tabelle XIV.

Kurzsichtigkeit verschiedener Stände.



Tabelle

Verhältniss des Brechungszustandes zum Seh-

Friedrichs-

Classe		Hypermetropen					
		0—½	½—1	1	1—1½	1½—2	Summa
3. Vorschulclasse . .	Zahl	2	2	15	4	—	23
	Procent	8·7	8·7	60·9	17·4	—	
2. Vorschulclasse . .	Zahl	1	2	4	8	1	16
	Procent	6·3	12·5	25·0	50·0	6·3	
1. Vorschulclasse . .	Zahl	1	1	4	11	2	19
	Procent	5·3	5·3	21·1	57·9	10·5	
Sexta	Zahl	2	6	2	9	—	19
	Procent	10·5	31·6	10·5	47·4	—	
Quinta	Zahl	1	1	5	7	2	16
	Procent	6·3	6·3	31·3	43·8	12·5	
Quarta	Zahl	—	—	1	4	2	7
	Procent	—	—	14·3	57·1	28·6	
Untertertia	Zahl	—	2	—	5	3	10
	Procent	—	20·0	—	50·0	30·0	
Obertertia	Zahl	1	3	—	4	—	8
	Procent	12·5	37·5	—	50·0	—	
Untersecunda . . .	Zahl	—	2	2	—	—	4
	Procent	—	50·0	50·0	—	—	
Obersecunda . . .	Zahl	1	1	1	2	1	6
	Procent	16·7	16·7	16·7	33·3	16·7	
Unterprima	Zahl	—	—	—	—	1	1
	Procent	—	—	—	—	100·0	
Oberprima	Zahl	—	—	—	2	1	3
	Procent	—	—	—	66·7	33·3	
Summa	Zahl	9	20	34	56	13	132
	Procent	6·8	15·0	25·9	42·4	9·9	

XV.

vermögen der Augen in den einzelnen Classen.

Gymnasium.

Emmetropen						Myopen					
0—½	½—1	1	1—1½	1½—2	Summa	0—½	½—1	1	1—1½	1½—2	Summa
—	4	67	10	—	81	2	12	2	—	—	16
—	4·9	82·7	12·4	—		12·5	75·0	12·5	—	—	
1	1	41	36	2	81	—	16	6	—	—	22
1·2	1·2	50·6	44·4	2·5		—	72·7	27·3	—	—	
—	3	30	59	—	92	2	4	4	7	—	17
—	3·3	32·6	64·1	—		11·8	23·5	23·5	41·2	—	
—	4	25	89	4	122	2	14	10	7	—	33
—	3·3	20·5	72·9	3·3		6·1	42·2	33·3	21·2	—	
2	3	42	65	4	116	3	17	24	6	—	50
1·7	2·6	36·2	56·0	3·4		6·0	34·0	48·0	12·0	—	
—	—	15	55	2	72	4	23	22	9	—	58
—	—	20·8	76·4	2·8		6·9	39·7	37·9	15·5	—	
—	2	10	65	22	99	6	16	32	17	—	71
—	2·0	10·1	65·7	22·2		8·5	22·5	45·0	23·9	—	
—	—	7	50	22	79	—	10	35	18	—	63
—	—	8·8	63·3	27·9		—	15·9	55·6	28·6	—	
—	4	—	36	9	49	—	8	19	17	1	45
—	8·2	—	73·4	18·4		—	17·8	42·5	37·8	2·2	
—	1	1	20	4	26	—	7	20	8	1	36
—	3·8	3·8	77·0	15·4		—	19·4	55·6	22·2	2·8	
—	—	4	9	3	16	2	4	7	9	1	23
—	—	25·0	56·3	18·7		8·7	17·4	30·4	39·1	4·4	
—	—	1	11	7	19	2	2	12	8	—	24
—	—	5·3	57·9	36·8		8·3	8·3	50·0	33·3	—	
3	22	243	505	79	852	23	133	193	106	3	458
0·4	2·6	28·5	59·3	9·2		5·0	29·0	42·2	23·1	0·7	

Tabelle

Verhältniss des Brechungszustandes zum Seh-

Leibniz-

Classe		Hypermetropen					
		0—$^1/_2$	$^1/_2$—1	1	1—1$^1/_2$	1$^1/_2$—2	Summa
3. Vorschulclasse . .	Zahl	—	1	1	8	3	13
	Procent	—	7·7	7·7	61·5	23·1	
2. Vorschulclasse . .	Zahl	1	1	1	11	7	21
	Procent	4·8	4·8	4·8	52·4	33·3	
1. Vorschulclasse . .	Zahl	—	2	2	7	8	19
	Procent	—	10·5	10·5	36·8	42·2	
Sexta	Zahl	—	2	1	8	8	19
	Procent	—	10·5	5·3	42·2	42·2	
Quinta	Zahl	—	1	1	11	9	22
	Procent	—	4·5	4·5	50·0	41·0	
Quarta	Zahl	—	2	2	8	8	20
	Procent	—	10·0	10·0	40·0	40·0	
Untertertia	Zahl	—	2	—	11	1	14
	Procent	—	14·3	—	78·6	7·1	
Obertertia	Zahl	2	2	—	1	—	5
	Procent	40·0	40·0	—	20·0	—	
Untersecunda . . .	Zahl	1	—	1	—	—	2
	Procent	50·0	—	50·0	—	—	
Obersecunda . . .	Zahl	1	—	—	1	3	5
	Procent	20·0	—	—	20·0	60·0	
Unterprima	Zahl	—	—	1	3	—	4
	Procent	—	—	25·0	75·0	—	
Oberprima	Zahl	1	—	—	—	—	1
	Procent	100·0	—	—	—	—	
Summa	Zahl	6	13	10	69	47	145
	Procent	4·1	9·0	6·9	47·6	32·4	

XV. (Fortsetzung.)

vermögen der Augen in den einzelnen Classen.

Gymnasium.

Emmetropen						**Myopen**					
0—1/2	1/2—1	1	1—1 1/2	1 1/2—2	Summa	0—1/2	1/2—1	1	1—1 1/2	1 1/2—2	Summa
1	3	3	45	17	69	1	1	1	5	—	8
1·4	4·3	4·3	65·2	24·6		12·5	12·5	12·5	62·5	—	
—	—	—	57	18	75	1	2	2	7	—	12
—	—	—	76·0	24·0		8·3	16·7	16·7	58·3	—	
—	2	3	46	27	78	—	—	2	11	—	13
—	2·6	3·8	59·0	34·6		—	—	15·4	84·6	—	
—	1	3	61	47	112	—	2	3	22	1	28
—	0·9	2·7	54·5	41·9		—	7·1	10·8	78·6	3·6	
2	5	5	84	36	132	2	5	3	25	2	37
1·5	3·8	3·8	63·6	27·3		5·4	13·5	8·1	67·5	5·4	
4	2	—	51	41	98	1	10	1	34	2	48
4·1	2·0	—	52·0	41·9		2·1	20·8	2·1	70·8	4·2	
2	2	5	53	21	83	—	2	2	30	3	37
2·4	2·4	6·0	63·9	25·3		—	5·4	5·4	81·1	8·1	
—	—	2	19	13	34	—	4	16	34	1	55
—	—	5·9	55·9	38·2		—	7·3	29·1	61·8	1·8	
1	2	6	30	24	63	3	6	9	38	3	59
1·6	3·2	9·5	47·6	38·1		5·1	10·2	15·3	64·3	5·1	
—	—	—	10	12	22	—	1	7	35	2	45
—	—	—	45·5	54·5		—	2·2	15·6	77·8	4·4	
—	—	—	4	10	14	—	1	2	27	—	30
—	—	—	28·6	71·4		—	3·3	6·7	90·0	—	
—	—	—	10	5	15	—	1	6	14	1	22
—	—	—	66·7	33·3		—	4·5	27·3	63·7	4·5	
10	17	27	470	281	795	8	35	54	282	15	394
1·3	2·1	3·4	59·1	34·1		2·0	8·9	13·7	71·6	3·8	

Tabelle

Verhältniss des Brechungszustandes zum Seh-

Beide Gymnasien

Classe		Hypermetropen					
		0—½	½—1	1	1—1½	1½—2	Summa
3. Vorschulclasse . .	Zahl	2	3	16	12	3	36
	Procent	5·6	8·3	44·4	33·3	8·3	
2. Vorschulclasse . .	Zahl	2	3	5	19	8	37
	Procent	5·4	8·1	13·5	51·4	21·6	
1. Vorschulclasse . .	Zahl	1	3	6	18	10	38
	Procent	2·6	7·9	15·8	47·4	26·3	
Sexta	Zahl	2	8	3	17	8	38
	Procent	5·3	21·1	7·9	44·7	21·1	
Quinta	Zahl	1	2	6	18	11	38
	Procent	2·6	5·3	15·8	47·4	28·9	
Quarta	Zahl	—	2	3	12	10	27
	Procent	—	7·4	11·1	44·4	37·1	
Untertertia	Zahl	—	4	—	16	4	24
	Procent	—	16·7	—	66·7	16·7	
Obertertia	Zahl	3	5	—	5	—	13
	Procent	23·1	38·5	—	38·5	—	
Untersecunda . . .	Zahl	1	2	3	—	—	6
	Procent	16·7	33·3	50·0	—	—	
Obersecunda . . .	Zahl	2	1	1	3	4	11
	Procent	18·2	9·1	9·1	27·3	36·4	
Unterprima	Zahl	—	—	1	3	1	5
	Procent	—	—	20·0	60·0	20·0	
Oberprima	Zahl	1	—	—	2	1	4
	Procent	25·0	—	—	50·0	25·0	
Summa	Zahl	15	33	44	125	60	277
	Procent	5·4	11·9	15·9	45·1	21·7	

XV. (Fortsetzung.)

vermögen der Augen in den einzelnen Classen.

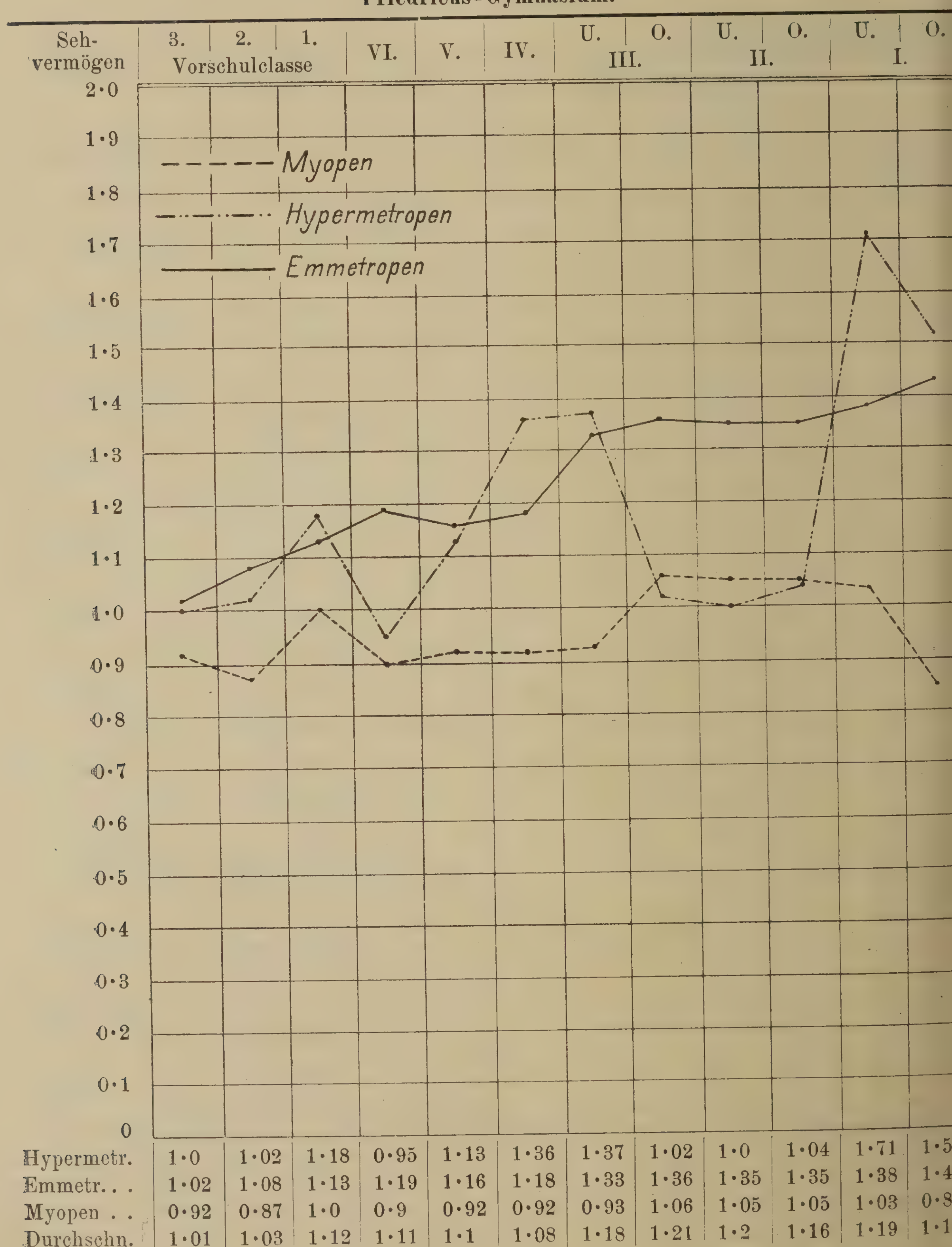
zusammen.

Emmetropen						Myopen					
0—½	½—1	1	1—1½	1½—2	Summa	0—½	½—1	1	1—1½	1½—2	Summa
1	7	70	55	17	150	3	13	3	5	—	24
0·7	4·7	46·7	36·7	11·3		12·5	54·2	12·5	20·8	—	
1	1	41	93	20	156	1	18	8	7	—	34
0·6	0·6	26·3	59·6	12·8		2·9	52·9	23·5	20·7	—	
—	5	33	105	27	170	2	4	6	18	—	30
—	2·9	19·4	61·8	15·9		6·7	13·3	20·0	60·0	—	
—	5	28	150	51	234	2	16	13	29	1	61
—	2·1	11·8	64·1	22·0		3·3	26·2	21·3	47·2	1·6	
4	8	47	149	40	248	5	42	27	31	2	87
1·5	3·2	19·0	61·0	15·3		5·7	48·3	31·0	35·6	2·3	
4	2	15	106	43	170	5	33	23	43	2	106
2·4	1·2	8·8	62·4	25·3		4·7	31·1	21·7	40·6	1·9	
2	4	15	118	43	182	6	18	34	47	3	108
1·1	2·2	8·2	64·8	23·7		5·6	16·7	31·5	43·5	2·8	
—	—	9	69	35	113	—	14	51	52	1	118
—	—	8·0	61·1	30·9		—	11·9	43·2	44·1	0·8	
1	6	6	66	33	112	3	14	28	55	4	104
0·9	5·4	5·4	58·9	29·5		2·9	13·5	26·9	53·8	3·9	
—	1	1	30	16	48	—	8	27	43	3	81
—	2·1	2·1	62·5	33·3		—	9·9	33·3	53·1	3·7	
—	—	4	13	13	30	2	5	9	36	1	53
—	—	13·3	43·3	43·3		3·8	9·4	17·0	67·9	1·9	
—	—	1	21	12	34	2	3	18	22	1	46
—	—	2·9	61·8	35·3		4·3	6·5	39·1	47·9	2·2	
13	39	270	975	360	1647	31	168	247	388	18	852
0·8	2·4	16·4	59·2	21·2		3·6	19·6	29·1	45·5	2·1	

Curven zu

Verhältniss des Brechungszustandes zum Seh-

Friedrichs-Gymnasium.

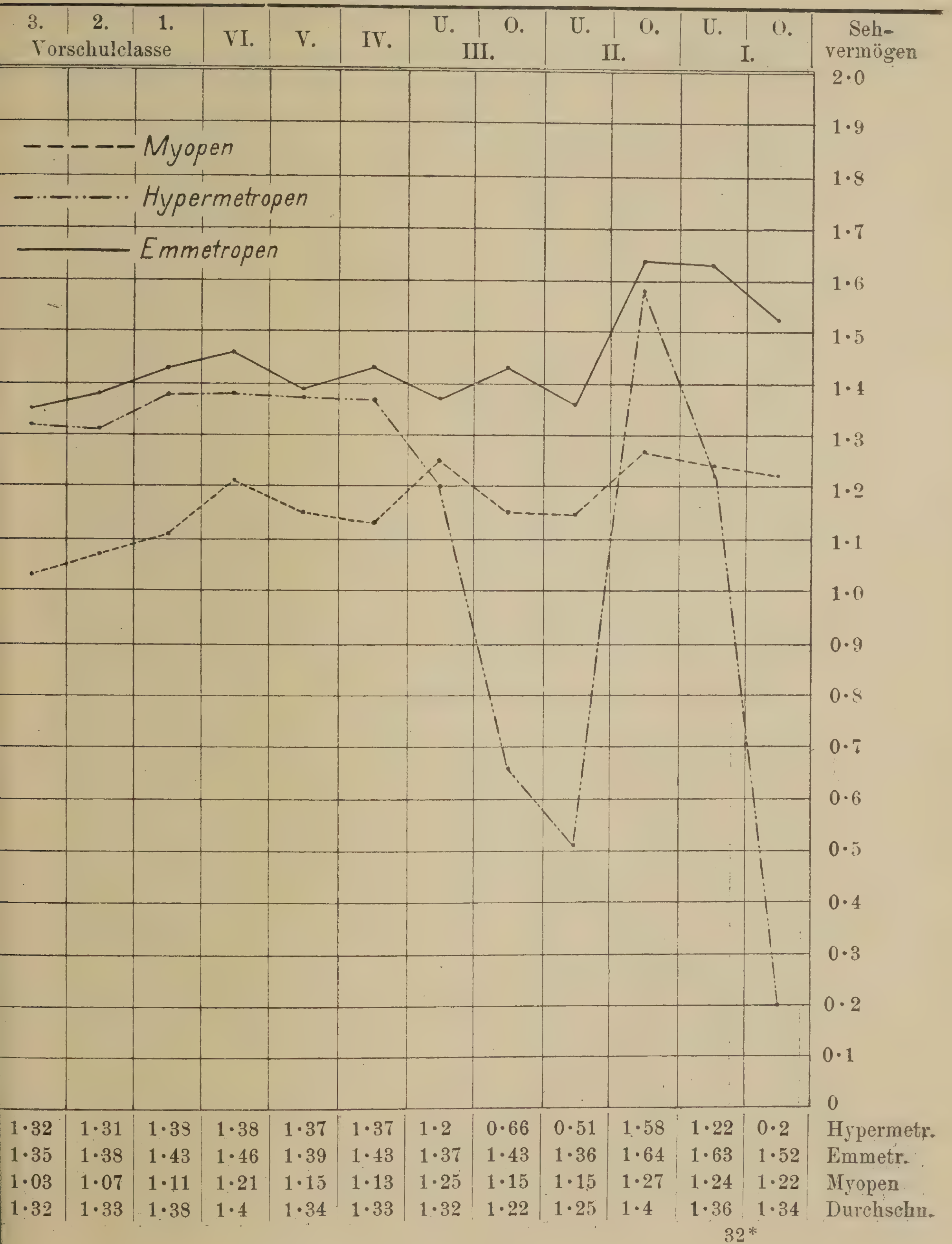


	3.	2.	1.	VI.	V.	IV.	U. III.	O. III.	U. II.	O. II.	U. I.	O. I.
Hypermetr.	1·0	1·02	1·18	0·95	1·13	1·36	1·37	1·02	1·0	1·04	1·71	1·5
Emmetr. . .	1·02	1·08	1·13	1·19	1·16	1·18	1·33	1·36	1·35	1·35	1·38	1·4
Myopen . .	0·92	0·87	1·0	0·9	0·92	0·92	0·93	1·06	1·05	1·05	1·03	0·8
Durchschn.	1·01	1·03	1·12	1·11	1·1	1·08	1·18	1·21	1·2	1·16	1·19	1·1

Tabelle XV.

vermögen der Augen in den einzelnen Classen.

Leibniz-Gymnasium.

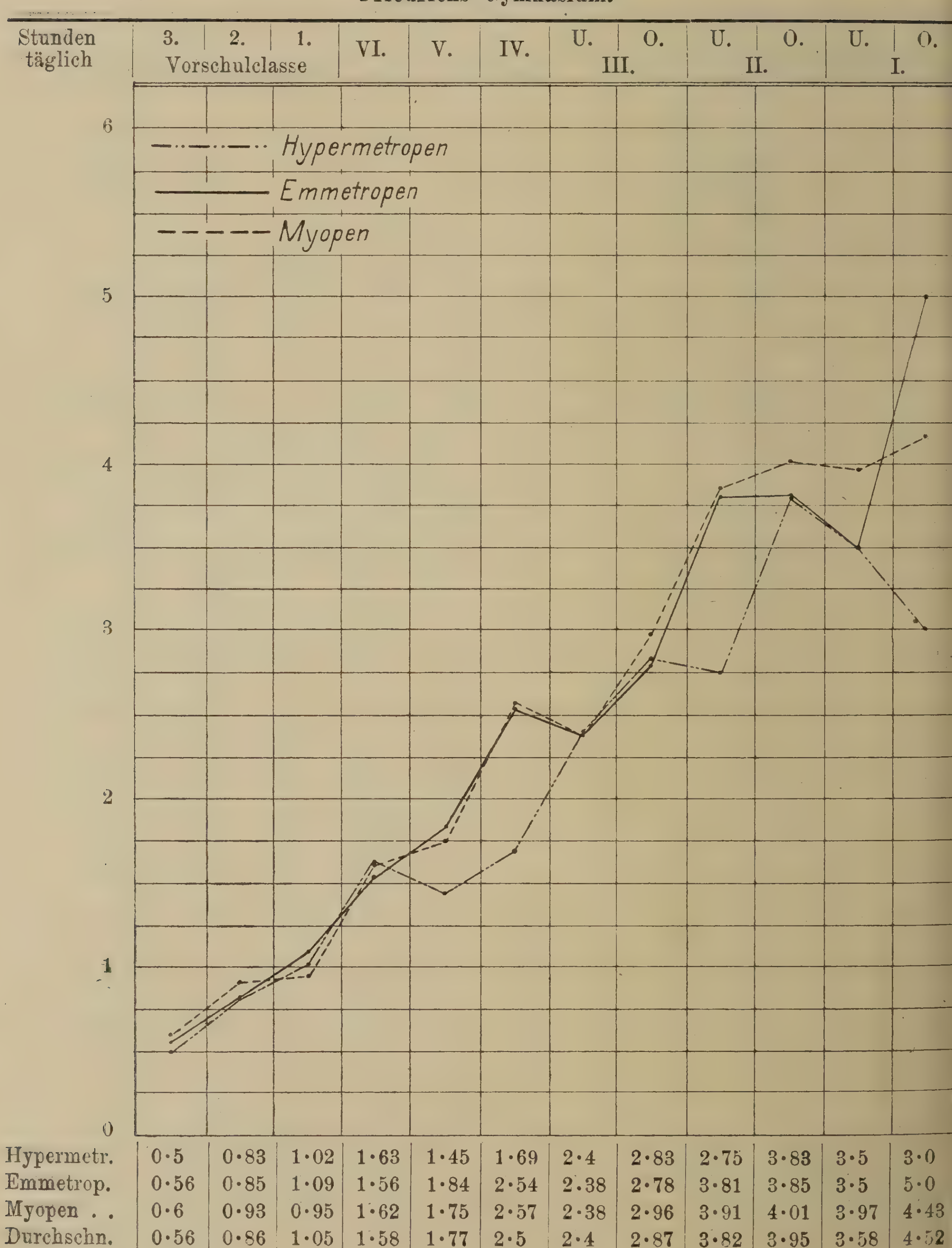


3. Vorschulclasse	2. Vorschulclasse	1. Vorschulclasse	VI.	V.	IV.	U. III.	O. III.	U. II.	O. II.	U. I.	O. I.	Sehvermögen
1·32	1·31	1·38	1·38	1·37	1·37	1·2	0·66	0·51	1·58	1·22	0·2	Hypermetr.
1·35	1·38	1·43	1·46	1·39	1·43	1·37	1·43	1·36	1·64	1·63	1·52	Emmetr.
1·03	1·07	1·11	1·21	1·15	1·13	1·25	1·15	1·15	1·27	1·24	1·22	Myopen
1·32	1·33	1·38	1·4	1·34	1·33	1·32	1·22	1·25	1·4	1·36	1·34	Durchschn.

Curve

Dauer der häuslichen Schularbeiten im Verhältnisse

Friedrichs-Gymnasium.



	3. Vorschulcl.	2. Vorschulcl.	1. Vorschulcl.	VI.	V.	IV.	U. III.	O. III.	U. II.	O. II.	U. I.	O. I.
Hypermetr.	0·5	0·83	1·02	1·63	1·45	1·69	2·4	2·83	2·75	3·83	3·5	3·0
Emmetrop.	0·56	0·85	1·09	1·56	1·84	2·54	2·38	2·78	3·81	3·85	3·5	5·0
Myopen . .	0·6	0·93	0·95	1·62	1·75	2·57	2·38	2·96	3·91	4·01	3·97	4·43
Durchschn.	0·56	0·86	1·05	1·58	1·77	2·5	2·4	2·87	3·82	3·95	3·58	4·52

XVI.

zum Brechungszustande der Augen der Schüler.

Leibniz-Gymnasium.

—·—·— *Hypermetropen*
– – – – *Myopen*
——— *Emmetropen*

Stunden täglich: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6

3. Vorschulclasse	2. Vorschulclasse	1. Vorschulclasse	VI.	V.	IV.	U. III.	O. III.	U. II.	O. II.	U. I.	O. I.	Stunden täglich
0·59	1·13	0·98	1·11	2·04	1·68	2·75	2·33	3·25	2·81	6·0	—	Hypermetr.
0·83	1·06	1·02	1·31	1·83	1·83	2·82	2·7	3·29	3·33	5·1	6·14	Emmetrop.
0·8	1·07	1·11	1·22	2·0	1·55	2·86	2·84	3·35	3·11	4·29	5·54	Myopen
0·78	1·07	1·02	1·27	1·9	1·72	2·82	2·77	3·31	3·11	4·6	5·77	Durchschn.

Anlage XVII a.

Name:..

Alter:.................. Beschäftigung:..................................

Wird in der Regel eine Brille getragen?..................

oder wird beim Sehen nach entfernten Gegenst. eine Brille getr...........

oder wird nur beim Lesen, Schreiben, Nähen u. s. w. e. Brille getr.?..........

oder wird überhaupt nie eine Brille, Lorgnette u. s. w. gebraucht?..........

Werden entfernte Gegenstände, wie Thurm- oder Bahnhofsuhren, Strassennamenschilder von der anderen Strassenseite aus erkannt u. gelesen?

a) mit blossem Auge..........

b) mit Brille..........

c) überhaupt nicht..........

In wie viel Centimeter Entfernung vom Auge wird diese Schrift noch mit blossem Auge (ohne Brille) gelesen?

a) mit dem rechten Auge..........

b) mit dem linken Auge..........

(Die Augen sind dabei abwechselnd mit einem Blatt Papier, nicht mit dem Finger, wodurch das Auge gedrückt wird, zu verdecken.)

Wie nahe (in Centimetern) kann diese Schrift dem Auge gerückt werden, ehe die Buchstaben verschwimmen?..........................

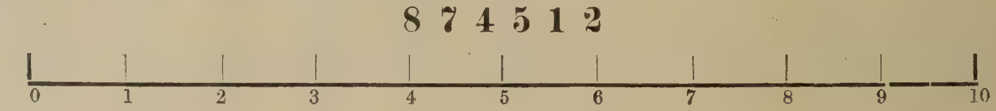
In wie viel Meter Entfernung vom Auge werden die untenstehenden Buchstaben dieser Seite mit blossem Auge erkannt?..........................

(Sollte ein Centimeter-Maassstab nicht zur Hand sein, kann man mit einem Lineal oder Faden die Entfernung zwischen Schrift und Auge abmessen, was am besten ein Zweiter thut, und die gefundene Länge durch Vergleichen mit beigefügtem Maassstab in Centimetern feststellen.)

Ist sonst in der Familie bei den Grosseltern, Geschwistern u. s. w. hochgradige Kurzsichtigkeit vorhanden?..........................

Die Wissenschaft verlangt keine Isolirung, sondern verbindet sich gern und willig mit jedem Bemühen, die Lage der Menschen zu verbessern.

8 7 4 5 1 2



Anlage XVII b.

Lehranstalt: Classe: Nr.
Name des Schülers: Stand des Vaters:
Zahl der Brüder: Zahl der Schwestern: Datum:

Fragen für die Angehörigen	Vater	Mutter	Geschwister			Grosseltern väterl.-seits	Grosseltern mütterlichers.
Lebensalter:							
Trägt Brille oder nicht?							
fortwährend?							
nur beim Lesen etc.							
nur beim Sehen in die Ferne?							
concav? convex? Nummer?							
Erkennt er Gesichter auf der Strasse v. weitem, Thurmuhren, Strassenschild. m. bloss. Auge?							
oder nur mit Brille?							
In wieviel Centimeter Entfernung vom Auge liest er diese Schrift mit blossem Auge?							
a) mit dem rechten Auge?							
b) mit dem linken Auge?							
Bis auf wieviel Centimeter Entfernung kann diese Schrift dem Auge genähert werden, ohne zu verschwimmen?							
In vieviel Meter vom Auge liest er die Schrift auf der Rückseite diese Blattes?							
a) mit dem rechten Auge?							
b) mit dem linken Auge?							

Datum der Untersuchung:
Lehranstalt:
Classe: Nr.
Name: Vorname:
Stand des Vaters:
Geburtstag: Geburtsort:
Kreis: Provinz:

Körpergrösse: cm
Länge des Unterschenkels: cm
Länge des Gesichts: cm } Index:
Breite „ „ cm }
Breite der Stirn: cm Stirnindex: Farbe der Haare:

Trägt er eine Brille? seit wann? fortwährend?
nur beim Lesen etc.? nur beim Sehen in die Ferne?
Musste die Brille verstärkt werden? wann?
Wieviel Stunden täglich werden auf häusliche Arbeit verwendet?
Wieviel Std. täglich werden auf Musikunterricht einschl. d. Uebens verwendet?
Sind die Eltern kurzsichtig? oder Geschwister? oder sonstige Verwandte?

(Fortsetzung.)

Untersuchungs-Ergebniss	Rechtes Auge	Linkes Auge
Breite der Orbita:		
Länge „ „		
Bindehaut		
Hornhaut:		
Hornhaut-Radius:		
Regenbogenhaut:		
Farbe derselben:		
Nahepunkt:		
Fernpunkt:		
Sehvermögen:		
Farbensinn:		
Augenspiegelbefund:		
Frühere Augenleiden:		
Bemerkungen:		

O, eine edle Himmelsgabe ist
Das Licht des Auges — Alle Wesen leben
Vom Lichte, jedes glückliche Geschöpf —
Die Pflanze selbst kehrt freudig sich zum Lichte.

Fr. v. Schiller, Tell I. 4.

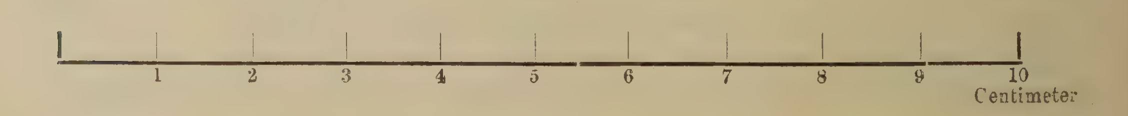
Anweisung zur Beantwortung der Fragen:

1. Beim Lesen der Sehproben stelle man sich mit dem Rücken gegen das Fenster und lasse sich die Sehproben von einer andern Person in bestimmten Entfernungen senkrecht vorhalten.

2. Die gradlinige Entfernung zwischen Auge und Sehprobe messe man in Ermangelung eines Centimetermaasses mit einem Faden, dessen Länge mit Hülfe des untenstehenden Maasses bestimmt werden kann.

3. Beim Lesen prüfe man immer nur ein Auge und halte dabei das andere mit einem Blatt Papier verdeckt, jedoch nicht mit der Hand, durch welche das Auge gedrückt wird.

4. Im Interesse der Sache wird um sorgfältige Beantwortung der Fragen gebeten.



[Aus dem hygienischen Institut zu Berlin.]

Beitrag zur Immunitätslehre.

Von

Dr. Hans Leo,

Privatdocent und I. Assistent der medicinischen Universitäts-Poliklinik zu Berlin.

Die Erforschung der Bedingungen, welche von schädigendem Einfluss auf die Entwickelung der pathogenen Bacterien innerhalb und ausserhalb des Organismus sind, muss stets das Hauptziel aller bacteriologischen Arbeiten sein. Denn nur dieser Weg eröffnet die Aussicht darauf, Mittel zur Verhütung resp. Heilung der durch die Mikroben veranlassten Infectionskrankheiten zu finden. Das leuchtendste Beispiel für den Erfolg derartiger Untersuchungen bildet die Arbeit von Koch, in welcher derselbe den Nachweis lieferte, dass der Kommabacillus der Cholera nur dann seine pathogene Wirkung ausüben kann, wenn er bei der Passage durch den Magen keine oder nur geringe Mengen Salzsäure antrifft, während er bei normaler Function des Magens an dieser Stelle seine Lebensfähigkeit einbüsst. Hier hat die Erforschung des ursächlichen Momentes der Immunität resp. der Bedingungen, welche die Immunität aufheben und eine Infection sonst immuner Thiere ermöglichen, zur Erkenntniss der praktisch eminent wichtigen Thatsache geführt, dass man einer Invasion des Cholerabacillus in den Körper durch Verhütung von Magenstörungen resp. Darreichung von Salzsäure vorbeugen kann.

Complicirter als die Vorgänge bei der durch Wirkung der Verdauungssäfte veranlassten Immunität, wo es sich gleichsam um einen Kampf extra muros zwischen dem Organismus und den Bacillen handelt, sind offenbar diejenigen Momente, welche verhüten, dass ein sonst pathogenes Agens innerhalb der Gewebe resp. Säfte eines immunen Körpers seine inficirende Wirkung entfalte. Wir dürfen aber mit Sicherheit annehmen, dass im

Princip beide Vorgänge in analoger Weise verlaufen, insofern auch innerhalb des Organismus es sich um chemische Wirkungen handeln muss, welche die Existenz oder Nichtexistenz der Mikroben bedingen.

Das Leben des thierischen Organismus wird ebenso wie das Leben einer Mikrobe gebildet aus einer Summe von chemischen Umsetzungen, zu deren Abspielung gewisse Substanzen erforderlich sind, während andere sie schädigen können. Was wir Widerstandsfähigkeit eines immunen Organismus gegenüber einem pathogenen Parasiten nennen, kann daher nur darin begründet sein, dass die chemische Zusammensetzung desselben, resp. die sich daselbst abspielenden chemischen Umwandlungsprocesse in irgend einer Weise abweichen von den entsprechenden Verhältnissen bei empfänglichen Organismen. Ob es sich dabei um Vorgänge innerhalb oder ausserhalb der Zellen handelt, ist für die principielle Frage irrelevant. Selbst für den Fall, dass wirklich bestimmten Zellen, wie es die Metschnikoff'sche Theorie annimmt, die Rolle der Vertilgung der Mikroben und damit die Beschützung immuner Organismen zukommen sollte, würde doch noch die Frage zu beantworten sein, worin der Unterschied morphologisch scheinbar gleicher Gebilde bei immunen und bei empfänglichen Thieren begründet sei. Die Antwort müsste immer die sein, dass Differenzen in der chemischen Zusammensetzung, resp. der das Zellleben bedingenden Umsetzungen bestehen.

Aber die Metschnikoff'sche Theorie, gegen welche bereits von Baumgarten,[1] Weigert,[2] Holmfeld,[3] Emmerich,[4] Petruschky[5] u. A. gewichtige Bedenken vorgeführt wurden, ist besonders durch die schönen Arbeiten von Flügge,[6] resp. seinen Schülern Nutall,[6] Nissen[7] u. s. w., sowie von Buchner[8] erschüttert worden, indem von diesen Autoren durch viele und sinnreiche Versuche gezeigt wurde, dass die Entwickelung der Mikroben durch das zellfreie Blut immuner Thiere gestört wird. Es ist damit also den Zellen die ihnen von Metschnikoff zur Erklärung der Immunität zuertheilte Bedeutung genommen worden.

Dass aber nun die Anwesenheit deletär wirkender Stoffe stets allein das Wesen der Immunität bedingt, und dass nicht auch gewisse zur Ent-

---

[1] *Berliner klinische Wochenschrift.* 1884. Nr. 50. — *Centralblatt für klinische Medicin.* 1888. Nr. 29.

[2] *Fortschritte der Medicin.* 1887. S. 733.

[3] *Ebenda.* 1887. Nr. 13 u. 18.

[4] *Archiv für Hygiene.* Bd. VI. S. 4.

[5] *Dissertation.* Breslau 1888.

[6] *Diese Zeitschrift.* Bd. IV. S. 208—394.

[7] *Ebenda.* Bd. VI. S. 487.

[8] *Centralblatt für Bacteriologie.* Bd. V. S. 817 u. Bd. VI. S. 1.

wickelung der pathogenen Mikroben erforderliche Nährstoffe zuweilen insofern eine Rolle spielen können, als ihre Anwesenheit eine leichtere Empfänglichkeit, ihre Abwesenheit eine Immunität der betreffenden Thiere bedingt, ist durch die erwähnten Versuche, wie ich glaube, nicht erwiesen.

Ein bekanntes klinisches Bild, nämlich das des Diabetes mellitus, scheint im Gegentheil für letztere Möglichkeit zu sprechen. Bekanntlich disponiren Diabetiker in hervorragendem Maasse zu secundären Erkrankungen, die zurückzuführen sind auf eine Infection durch pathogene Mikroorganismen. Hier ist vor allem zu erwähnen die Tuberculose der Lungen, an der eine grosse Zahl Diabetiker zu Grunde geht. Ferner erinnere ich an die bekannte Thatsache, dass selbst geringfügige Wunden bei Diabetikern häufig schlecht verheilen und zwar aus dem Grunde, weil die aus der Luft in die Wunde hineingelangten Mikroben sich dort viel rapider entwickeln wie beim Gesunden. Letzteres geht aus der Thatsache hervor, die von erfahrenen Chirurgen angegeben wird, dass bei strengster Einhaltung der antiseptischen Cautelen die Wunden der Diabetiker ebenso gut verheilen wie bei Gesunden.

Schon dieser Umstand spricht zugleich gegen eine andere Erklärungsweise für die grosse Empfänglichkeit der Diabetiker gegenüber Infectionserregern. Diese andere Erklärungsweise, welche von vielen Autoren acceptirt wird, ist die, dass die Gewebszellen resp. der ganze Organismus sich beim Diabetiker in einem Inanitionszustande befindet und daher die sonst vorhandene Widerstandsfähigkeit im Kampfe mit den Mikroben durch eine Abnahme seiner Energie verloren habe. Gegen diese Auffassung spricht auch die Thatsache, dass sonstige Zustände, z. B. Chlorose, resp. Zehrkrankheiten (ich erwähne das Carcinom des Magens sowie anderer Organe), die zweifellos ebenfalls mit einer Inanition der Gewebe einhergehen, keineswegs in besonderer Weise zur Aufnahme resp. Entwickelung von Infectionserregern disponiren.

Wir werden demnach zu der Annahme gedrängt, dass die Bacterien im diabetischen Körper besonders günstige Nährstoffe resp. in besonders günstiger Zusammensetzung vorfinden. Es liegt nun nahe, gerade den Process der vermehrten Zuckerbildung resp. den vermehrten Gehalt an Zucker, welcher sich in den Säften und Geweben des Diabetikers findet, in dieser Beziehung verantwortlich zu machen.

Dieser Gedanke war der Ausgangspunkt für die folgenden Untersuchungen, welche ich vor längerer Zeit begonnen und für deren Anregung und Unterstützung ich Herrn Geheimrath Koch hiermit meinen verbindlichsten Dank sage. Unsere Absicht war zu untersuchen, ob es gelingt, durch Veränderung der chemischen Zusammensetzung eines sonst immunen Organismus resp. der sich daselbst abspielenden Umsetzungen

denselben für die Aufnahme eines organisirten Virus empfänglich zu machen.

Diese Veränderung sollte bestehen in einer abnormen Zuckerbildung im Organismus. Hierzu war es zunächst erforderlich, die Versuchsthiere in einen Zustand zu versetzen, in dem sie längere Zeit hindurch permanent abnorme Mengen Zucker in Blut und Geweben enthielten. Von all' den zahlreichen Methoden, welche im Stande sind, Melliturie zu erzeugen, genügt dieser Bedingung nur die Darreichung von Phloridzin.[1]

Durch die schönen Versuche von v. Mering[2] ist dargethan, dass nach Einverleibung dieses Glycosides die betreffenden Thiere (Hunde) und Menschen reichliche Mengen von Zucker ausscheiden, welche durch Zersetzung von Eiweiss entstehen.

Ich suchte mich zunächst davon zu überzeugen, ob auch Mäuse und Ratten nach Darreichung von Phloridzin Zucker ausscheiden.

Die mit Phloridzin gefütterten Thiere wurden in ein Glas gesetzt, dessen Boden mit Watte bedeckt war, um den Urin aufzusaugen. Nachdem sich die Mäuse 24 Stunden in diesem Behältniss aufgehalten, wurde die Watte mit Wasser extrahirt und der wässerige Extract untersucht. Es konnte auf diese Weise festgestellt werden, dass die Mäuse in der That Zucker im Urin ausschieden, freilich nur in sehr geringer Menge.

Meine Versuchsanordnung war nun folgende: Es wurden stets drei Gruppen von Thieren zur Untersuchung verwendet. Die erste Gruppe wurde mit dem betreffenden Mikroorganismus geimpft und erhielt zugleich während der ganzen Versuchsdauer Phloridzin in der Nahrung, die zweite Gruppe wurde geimpft, erhielt aber kein Phloridzin, die dritte erhielt Phloridzin, wurde aber nicht geimpft. Die Infection wurde entweder in die Bauchdecken oder die Schwanzgegend vorgenommen.

Eine genaue Dosirung des Phloridzins war nicht möglich. Es wurde stets 1 ^{grm} Phloridzin in 20 ^{grm} Alkohol aufgelöst und mittelst dieser Lösung sechs Cakes imprägnirt. Die Cakes wurden darauf an die Luft gelegt behufs Verdampfung des Alkohols. Man erhält auf diese Weise ein Nährmaterial, welches gleichmässig mit Phloridzin durchsetzt ist. Die Thiere der zweiten Gruppe erhielten dieselben Cakes ohne Phloridzin, ausserdem alle drei Gruppen Wasser.

---

[1] Die von Minkowski und v. Mering (*Centralblatt für klinische Medicin*, 1889) neuerdings entdeckte interessante Thatsache, dass Melliturie auch nach Pankreasexstirpation auftritt, wurde publicirt, nachdem ich meine Versuche bereits abgeschlossen hatte.

[2] *Verhandlungen des Congresses für innere Medicin.* 1887. — *Zeitschrift für klinische Medicin.* Bd. XIV. S. 405.

I. Versuche mit Milzbrand.

Mittelst einer Reincultur von Milzbrandbacillen, dessen Virulenz sich bei Ueberimpfung auf einige Mäuse erwies, wurden zwei Gruppen von je zwei Ratten, welche bekanntlich immun gegen Milzbrand sind, geimpft und hierauf in der vorher angedeuteten Weise behandelt.

Das Resultat war ein negatives. Die geimpften und zugleich mit Phloridzin gefütterten Thiere waren während der ersten Tage völlig vergnügt, nach acht Tagen etwa begannen sie ruhiger zu werden und bekamen ein zottiges Aussehen. Ebenso aber verhielten sich die nur mit Phloridzin gefütterten Thiere. Die nach etwa 14 Tagen vorgenommene Section ergab keine Spur einer Milzbranderkrankung.

Dasselbe Resultat zeigte sich bei der mehrmals vorgenommenen Wiederholung dieses Versuches sowie auch bei subcutaner Application von in Wasser gelöstem Phloridzin.

II. Versuche mit Tuberkelbacillen.

Während ausser Meerschweinchen, Kaninchen u. s. w. auch Feldmäuse bei Ueberimpfung des Tuberkelbacillus an Tuberculose erkranken, erweist sich die Hausmaus demselben gegenüber als immun.

Es wurden drei Gruppen von je fünf weissen Mäusen in der vorher erwähnten Weise behandelt. Die betreffende Reincultur erwies sich bei Ueberimpfung auf Meerschweinchen als virulent.

Ich habe in dieser Weise drei Versuchsserien angestellt, die im Wesentlichen dasselbe Resultat ergaben. Bei denjenigen Thieren, welche die zweite Woche überlebten (und dies war die Minderzahl, denn die meisten gingen schon nach etwa 14 Tagen in Folge der Phloridzinwirkung ein), konnte ich meist in der Nähe der Impfstelle eine angeschwollene Lymphdrüse constatiren, in der mehrmals der Nachweis von Tuberkelbacillen gelang.

Da die tuberculöse Erkrankung nur langsam fortschreitet und zu voller Entwickelung erst nach einer Reihe von Wochen gelangt, so versuchte ich, die Thiere für einen längeren Zeitraum unter der Phloridzinwirkung zu halten. Ich liess daher auf zwei Tage, an denen die Thiere Phloridzin erhielten, einen Tag folgen, an dem phloridzinfreie Nahrung gereicht wurde. Auf diese Weise gelang es zwar die Versuche auf eine längere Zeit auszudehnen, es stellte sich aber der Uebelstand ein, dass die Thiere, welche die phloridzinfreie Nahrung eifrig frassen, während der anderen Tage sich mehr oder weniger der Nahrungsaufnahme enthielten. Es war daher nicht zu verwundern, dass die auf diese Weise angestellten Versuchsreihen resultatlos verliefen.

Auch die Versuchsreihen, bei denen ich das Phloridzin den Mäusen durch subcutane Injection applicirte, führten zu keinem Ergebniss, weil dieser Eingriff von den Thieren nicht lange genug vertragen wurde.

Ich stellte dann noch Versuche an mit Meerschweinchen, in der Erwartung, dass vielleicht die phloridzinirten Thiere schneller und in ausgedehnterem Maasse an Tuberculose erkranken würden. Auch diese Versuche, bei denen das Phloridzin subcutan injicirt wurde, führten zu keinem prägnanten Resultat.

III. Versuche mit Rotzbacillen.

Auch gegenüber Rotzbacillen verhalten sich die weissen Mäuse immun, während Feldmäuse nach der Impfung mit virulentem Material bekanntlich nach 3 bis 5 Tagen eingehen und besonders in Milz und Leber die charakteristischen Rotzknötchen zeigen, in denen nach der Löffler'schen Methode die Rotzbacillen nachgewiesen werden können.

Ich stellte im ganzen zehn Versuchsreihen an, von denen ich die erste ausführlich mittheile und darauf die Resultate der übrigen, völlig analogen Versuche anfüge.

Versuch I.

6./II. 1888. Fünf weissen Mäusen (A) wird von einer virulenten Rotzbacillencultur in je eine in der Bauchgegend angelegte Muskeltasche der Inhalt einer Platinöse beigebracht. Hierauf werden die Mäuse jede in ein besonderes Glas gesetzt, in dem sich ausser Watte die oben beschriebenen phloridzinhaltigen Cakes sowie etwas Wasser befindet. Die Isolirung der einzelnen Mäuse war erforderlich, weil die zuerst erkrankten Mäuse sonst, wie sich in Vorversuchen zeigte, von den anderen aufgefressen wurden.

Fünf andere weisse Mäuse (B) wurden in derselben Weise mit Rotzbacillen geimpft, erhalten aber gewöhnliche Cakes und Wasser als Nahrung.

Eine dritte Gruppe von fünf weissen Mäusen (C) erhält, ohne geimpft zu sein, die phloridzinhaltigen Cakes als Nahrung. Auch diese Mäuse müssen in getrennten Gläsern gehalten werden, weil sie sich sonst ebenfalls leicht an- resp. auffressen.

7./II. An den Mäu en, welche alle von ihrer Nahrung gefressen, ist keine Abnormität bemerkbar. Die durch Wasser und Urin durchnässten Cakes werden, um Zersetzung zu verhüten, entfernt und durch frische ersetzt. Dasselbe geschieht auch an den folgenden Versuchstagen.

8./II. Zwei Mäuse (a und b) der Gruppe A sehen struppig aus und sitzen still, während die übrigen einen normalen Eindruck machen.

9./II. Nachmittags geht die Maus a ein. Bei der Section zeigen sich an der Oberfläche der Leber etwa 15 kleine makroskopisch sichtbare Knötchen. Milz etwas vergrössert. Knötchen sind hier makroskopisch nicht nachweisbar. Je ein Stückchen von der Leber sowie von der Milz wird auf Agar gestrichen und in den Thermostaten gestellt. Am anderen Tage hat sich in beiden Röhrchen eine Cultur von Rotzbacillen gebildet. Von dieser Cultur wird etwas auf zwei Meerschweinchen geimpft. Dieselben erkranken nach einigen Wochen unter den charakteristischen Symptomen des Rotzes, dem sie nach 8 resp. 9 Wochen erliegen. Besonders die Milz ist bei beiden Thieren mit zahlreichen Rotzknötchen durchsetzt.

Maus b macht einen sehr decrepiden Eindruck. Auch zwei weitere Mäuse der Gruppe A sehen krank aus. Die Gruppen B und C normal.

10./II. Maus b ist Nachts eingegangen. Bei der Section sieht man auf der Leber drei grössere, auf der Milz, die etwas vergrössert ist, sehr zahlreiche feinste Knötchen. Die Culturversuche verlaufen wie bei a.

11./II. Es sind zwei weitere Mäuse der Gruppe A eingegangen. Beide zeigen Knötchen in der Leber, während die Milz makroskopisch keine Veränderungen zeigt. Culturversuche verlaufen wie bei a und b, jedoch verläuft der Culturversuch mit einem Milzstückchen der einen Maus negativ.

13./II. Die letzte Maus der Gruppe A ist heute früh eingegangen. Makroskopisch sind weder in Leber noch Milz Knötchen wahrnehmbar. Die Cultur- und Impfversuche verlaufen positiv bei der Leber, negativ bei der Milz. Gruppe B und C normal.

Die Mäuse der Gruppe B machen auch in der Folge einen völlig normalen und munteren Eindruck. Nach sechs Wochen wurden sie getödtet. Die Section ergiebt keine Abnormität. Bei Impfung von Organstücken auf Agar wächst nichts.

Die Mäuse der Gruppe C sehen vom 8. Tage an borstig aus, sind dabei aber noch mobil. Im Laufe der folgenden Woche geht eine ein, die vier übrigen machen einen decrepiden Eindruck und wurden am 14. resp. 16. Tage todt im Glase gefunden. Dieser Vorgang erscheint auch ohne Annahme einer eigentlich toxischen Wirkung des Phloridzins verständlich. Denn da die Phloridzinwirkung, wie aus den Versuchen v. Mering's hervorgeht, eine bedeutende Steigerung des Eiweissverfalles bedingt, als dessen Product auch der Zucker anzusehen ist, so ist es erklärlich, dass allmählich, ebenso wie beim schweren Diabetes, ein Erschöpfungszustand des Organismus eintritt, dem das Thier erliegt.

Versuch II.

Drei Gruppen von je fünf weissen Mäusen. Von der Gruppe A (wie bei erstem Versuch) gehen eine am 3. Tage, drei am 4. und eine am 6. Tage ein.

B völlig normal, C wie im Versuch I.

Versuch III.

Drei Gruppen von je fünf weissen Mäusen. Von A gehen zwei am 4., je eine am 6. resp. 8. Tage ein. Die fünfte Maus dieser Gruppe geht nach 14 Tagen ein (in Folge der Phloridzinwirkung). Die Organe zeigen keine Rotzknötchen, die Culturversuche mit Organtheilen auf Agar verlaufen negativ, während die mit den vorher gestorbenen Mäusen vorgenommenen Culturversuche positives Resultat ergeben.

Controlthiere wie oben.

Versuch IV.

Zwei Gruppen von je fünf weissen Mäusen. Von A gehen je zwei am 4. und 5., eine am 7. Tage ein.

Versuch V.

Drei Gruppen von je fünf Mäusen. Von A gehen je eine am 3. resp. 4. Tage ein, zwei am 5. Die fünfte Maus dieser Gruppe wird nach 14 Tagen getödtet und ergiebt keine Abnormität, auch verlaufen die Culturversuche negativ.

Controlthiere wie oben.

Versuch VI.

Zwei Gruppen von fünf (A) und vier Mäusen (B). Impfung in der Schwanzgegend.

Von A gehen ein zwei am 4. und je eine am 5., 6., resp. 9. Tage. Gruppe B normal.

Versuch VII.

Drei Gruppen von je fünf Mäusen. Impfung in der Schwanzgegend.

Von A gehen ein je eine am 3. und 5., drei am 4. Tage. Controlthiere wie oben.

Versuch VIII.

Drei Gruppen von je vier Mäusen. Impfung in der Schwanzgegend.

Von A gehen ein je eine am 4. und 5., zwei am 6. Tage. Controlthiere wie oben.

Versuch IX.

Zwei Gruppen von je fünf Mäusen. Impfung in der Schwanzgegend.

Von A gehen ein zwei am 4., je eine am 5., 6. und 7. Tage. Gruppe B normal.

Versuch X.

Drei Gruppen A und B je fünf, C drei Mäuse. Impfung in der Schwanzgegend.

Von A gehen ein je zwei am 4. und 5., eine am 3. Tage. Controlthiere wie oben.

Ueberblicken wir die mitgetheilten Versuche, so ergiebt sich Folgendes:

Im Ganzen wurden 49 weisse Mäuse dem gleichzeitigen Einfluss der Phloridzinwirkung und virulenten Rotzbacillen ausgesetzt. Von diesen gingen 47 ein, und zwar 5 am 3., 19 am 4., 12 am 5., 6 am 6., 3 am 7. und je eine am 8. resp. 9. Tage nach der Impfung. Zwei erwiesen sich trotz der Phloridzinwirkung immun und zeigten bei der nach 14 Tagen vorgenommenen Section sich ebenso wenig erkrankt, als die zur Gruppe B gehörigen Mäuse.

Die Mehrzahl der eingegangenen Mäuse zeigte schon bei makroskopischer Besichtigung Knötchen in Leber oder Milz. In mehreren Fällen war der Befund allerdings, wie schon in dem Versuch I erwähnt, negativ. Doch entwickelten sich auch hier in den meisten Fällen nach Ueberimpfung von Leber- oder Milzpartikeln auf Agar nach 24stündigem Aufenthalt im Thermostaten Colonieen von Rotzbacillen.

Grosse Mühe bereitete der mikroskopische Nachweis der Rotzbacillen im Schnittpraeparate der in Alkohol gehärteten Lebern und Milzen der eingegangenen Thiere. Bekanntlich begegnet die Färbung der Rotzbacillen hierbei auch sonst grossen Schwierigkeiten. Nur in wenigen Fällen gelang mir der sichere Nachweis derselben in den betreffenden Schnittpräparaten. Aber ihr Vorhandensein in den Organen folgt mit Sicherheit aus den vorher mitgetheilten Culturversuchen.

Nach dem Schema B wurden im Ganzen 48 Mäuse behandelt. Keine derselben, die also mit Rotz geimpft und bei phloridzinfreier Nahrung belassen wurden, ging ein. Die meisten wurden mehrere Wochen bis zu zwei Monaten beobachtet und hierauf getödtet. Weder Leber noch Milz zeigten Veränderungen und nach Ueberstreichen von Organtheilen auf Agar entwickelten sich keine Rotzbacillenculturen.

Aus meinen Versuchen geht also hervor, dass weisse Mäuse ihre Immunität gegen Rotz verlieren, wenn sie mit Phloridzin gefüttert werden. Ob die Gegenwart des Phloridzins selbst oder die durch dasselbe bewirkte Veränderung des Stoffwechsels der Thiere diesen Einfluss ausübt, lässt sich vorläufig nicht entscheiden. Für die principielle Bedeutung der Versuche kommt die Beantwortung dieser Frage erst in zweiter Linie. Mag der Zucker oder das Phloridzin als Ursache anzusprechen sein, jedenfalls

wird durch meine Versuche erwiesen, dass es möglich ist, durch Aenderung der chemischen Beschaffenheit eines Thieres die Immunität desselben gegenüber einem pathogenen Parasiten aufzuheben.

Dieses Resultat schliesst keineswegs die Folgerung in sich, dass etwa der Unterschied in der Empfänglichkeit der Feldmäuse und weissen Mäuse dadurch bedingt ist, dass der Organismus der ersteren einen grossen Reichthum an Zucker enthält, welcher letzteren fehlt. Dies ist sogar sicher nicht der Fall, wie ich durch besondere Versuche, in denen ich den Zuckergehalt der wässrigen Extracte von Feldmäusen und weissen Mäusen zu bestimmen suchte, constatirt habe. Es ist also sehr wohl möglich, dass die Immunität der weissen Mäuse, ebenso wie Nutall, Nissen und Buchner es für andere Thiere nachgewiesen haben, in einer entwickelungshemmenden Wirkung eines noch unbekannten Bestandtheiles des Blutes beruht. Wir müssten dann annehmen, dass ebenso, wie Buchner gezeigt hat, dass die bacterientödtende Eigenschaft des Blutes aufgehoben werden kann in Folge Beimengung anderer Bestandtheile (durch Zerstörung der Blutzellen mittelst Frost), bei meinen Versuchen das Vorhandensein des Zuckers oder des Phloridzins dieser entwickelungshemmenden Thätigkeit des Blutes entgegengewirkt resp. dieselbe aufgehoben habe.

Im Anschluss an die eben erwähnten Versuche, in denen ich den Zuckergehalt der Feldmäuse und weissen Mäuse festzustellen suchte, möchte ich noch hervorheben, dass es ja überhaupt nahe liegt, daran zu denken, ob man nicht durch eine Untersuchung der chemischen Bestandtheile empfänglicher und nicht empfänglicher Individuen dem Räthsel der Immunität sich nähern könne. Dieser Weg ist jedoch nicht leicht zu betreten in Folge der überaus grossen Reichhaltigkeit und Mannigfaltigkeit der Bestandtheile des thierischen Organismus, in Folge der geringen Charakterisirung gerade der wichtigsten derselben, nämlich der Eiweisskörper, sowie vor Allem unter Berücksichtigung des Umstandes, dass wir nicht die lebende, sondern nur die todte Materie analysiren können. Was wir bei der Analyse finden, das sind nur die Agentien resp. die Producte der chemischen Actionen. Die Art und Weise, in der die Umsetzungen im Thierkörper sich abspielen, kann aber trotz Gleichheit der einzelnen Componenten eine verschiedene sein.

[Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.]

Die negative Indol-Reaction der Typhusbacillen im Gegensatz zu anderen ähnlichen Bacillenarten.

Von

Dr. med. **S. Kitasato**
aus Tokio.

Das einzige charakteristische Kennzeichen der Typhusbacillen ist ihre eigenthümliche Art des Wachsthums auf gekochten Kartoffelscheiben, wie es Gaffky[1] seiner Zeit festgestellt hat. Dieses Verhalten bietet uns in jedem Falle eine, wie man bisher annahm, sichere Handhabe zur Unterscheidung der Typhusbacillen von anderen ähnlichen Bacillenarten.

In der letzten Zeit wurde nun mehrfach mitgetheilt, dass Typhusbacillen in verdächtigen Brunnen, im Flusswasser und im Boden gefunden seien. Da aber andererseits behauptet wurde, dass im Wasser Bacillen vorkommen, deren Wachsthum entgegen der bisherigen Annahme sowohl auf Kartoffeln wie auch auf Gelatineplatten vom Typhusbacillus nicht zu unterscheiden sei, und insbesondere Pfuhl[2] in der Elbe bei Hamburg, wo damals eine Typhusepidemie herrschte, eine Bacillenart gefunden hat, welche auf Kartoffeln genau ebenso wie der Typhusbacillus wächst, welche nur durch ihre Unbeweglichkeit von dem letzteren abweicht, so schien es mir geboten, nach einem anderen sicheren Merkmal der Typhusbacillen zu suchen.

Bei meinen Untersuchungen ging ich von der Idee aus, dass es vielleicht irgend welche Säure oder ein Alkali oder einen bestimmten Wärmegrad gebe, gegen welche die Typhusbacillen mehr widerstandsfähig sind als die anderen ähnlichen Bacterien.

---

[1] Gaffky, Zur Aetiologie des Abdominaltyphus. *Mittheilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt.* 1884. Bd. II.

[2] Pfuhl, Typhus abdominalis mit Icterus. *Deutsche militär-ärztl. Zeitschrift.* 1888. Jahrg. XVII. Hft. 9—10.

Zu diesem Zwecke habe ich möglichst viele Bacterienarten aus dem menschlichen Koth, dem Brunnen, Fluss-, Canalwasser und Boden isolirt, deren Wachsthum auf Gelatineplatten ähnlich aussah, wie das der Typhusbacillen. Aus dem Koth wurden vier Arten (darunter auch Brieger's und Emmerich's Bacillus), aus dem Brunnenwasser fünf (es wurden 56 verschiedene Brunnen untersucht), aus dem Spreewasser zwei, aus der Canaljauche drei und aus dem Boden zwei, also im Ganzen 16 ähnliche Bacterien cultivirt.

Untersuchungsmethode.

In jedes sterilisirte Reagensglas wurden je 10 ^{ccm} destillirtes Wasser gefüllt und eine Stunde lang im strömenden Dampfapparate sterilisirt. Es wurde dann ein Tropfen von den Bouillonculturen der Typhusbacillen, welche frisch aus der Milz einer Typhusleiche rein gezüchtet worden sind, bezw. den 16 ähnlichen Bacillen in die Gläser gegeben und verschiedene Chemikalien zugesetzt und bei Zimmertemperatur von 18 bis 20° C. gehalten. Von jeder solchen Cultur wurde nun nach einer halben, einer und zwei Stunden je eine Platinöse theils in Nährgelatine gebracht und nach Esmarch gerollt, theils in Bouillon gezüchtet und in den Brütofen gestellt.

Die Resultate waren, wie die folgende Tabelle zeigt, negativ. Die Typhusbacillen sind also gegen Säuren resp. Alkalien weniger oder ebenso widerstandsfähig, wie die anderen Bacillen.

Die Angabe von Chantemesse und Vidal,[1] dass man vermittelst des Zusatzes von 0·2 procentiger Carbolsäure zu Nährgelatine mit Vortheil die Typhusbacillen aus Wasser und Fäces leicht isoliren kann, kann ich nicht bestätigen, denn erstens sind die Kothbacillen gegen die Carbolsäure viel widerstandsfähiger und zweitens sind die Bacillen aus Wasser gegen das genannte Mittel ebenso resistent wie die Typhusbacillen.

Da sich die angeführten Mittel zu dem Zwecke nicht eigneten, so habe ich sowohl die Typhus- wie auch die anderen Bacillen in nicht neutralisirter, saurer Bouillon gezüchtet und in Brüttemperatur gestellt, um zu sehen, ob die Typhusbacillen besser wachsen als die anderen. Der Versuch war auch vergeblich, denn die letzteren wuchsen darin ebenso gut oder besser als die ersteren.

Fünf bis zehn Minuten lang auf 60° C. erhitzt waren die Typhus- und die anderen Bacillen meist noch lebensfähig. Ueber 15 Minuten

---

[1] Chantemesse et Vidal, le bacille typhique. *Gazette hebdomadaire de Médicine et Chirurgie.* 1887. p. 146—160.

langes Erhitzen tödtete die Typhusbacillen vollständig, während einige Koth-, Canal- und Bodenbacillen noch wachsthumsfähig waren.

Zeit der Einwirkung ½ bis 2 Stunden.

Säuren	Procent	Typhusbacillen	Kothbacillen				Brunnenwasserbac.					Spreewass.-bacill.		Canalwasserbacillen			Bodenbacill.	
			I[1]	II[2]	III	IV	I	II	III	IV	V	I	II	I	II	III	I	II
Salzsäure	0·15	+	+	+	+	+	+	—	+	+	—	+	—	+	+	+	+	+
Salpetersäure	0·2	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Phosphorsäure	0·25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	0·3	—	+	+	+	+	+	—	—	—	—	+	—	+	+	—	+	+
Schwefelsäure	0·065	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	+	—	+	+	+	+	+
	0·08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Schweflige Säure	0·2	+	+	+	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	0·3	—	+	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+	+
Essigsäure	0·25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+
	0·3	—	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+
Ameisensäure	0·3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	+	+	+	+	+
	0·35	—	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	—
Oxalsäure	0·3	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	+	+	+	+	+	+	+
	0·35	—	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+	+
Milchsäure	0·35	+	+	+	+	+	+	—	—	+	—	+	+	+	+	+	+	+
	0·4	—	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	+	+	+	—	+	+
Weinsäure, Citronensäure, Aepfelsäure	0·35	+	+	+	+	+	+	+	—	+	—	+	+	+	+	+	+	+
	0·45	—	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+	—
Carbolsäure	0·35	+	+	+	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	0·45	—	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+	—
Alkalien																		
Aetzkalk	0·08	+	+	+	+	+	+	+	—	+	+	+	—	+	+	+	+	+
	0·096	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—
Aetzkali, Aetznatron	0·15	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	0·2	—	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+	—
Ammoniak	0·2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	0·3	—	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+
Kaliumcarbonat	0·75	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	0·8	—	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+

\+ bedeutet das Wachsthum. — bedeutet kein Wachsthum.

Bei Luftabschluss unter Wasserstoff oder Kohlensäure gediehen die Typhusbacillen ebenso gut wie die übrigen Bacillen.

---

[1] Brieger's Bacillus.

[2] Emmerich's Bacillus.

Nach Marpmann[1] soll in Phloxinroth gefärbter Gelatineplatte der Typhusbacillus dunkelrothe Punkte mit einem hellen Hofe bilden; er wollte dieses Kennzeichen für die Differenzialdiagnose der Typhusbacillen im Wasser vorschlagen. Ich habe seine Methode ebenfalls versucht und dabei beobachtet, dass die übrigen Bacillen, welche auf Gelatineplatten ein ähnliches Wachsthum zeigten, wie die Typhusbacillen, in phloxinrothhaltigen Gelatineplatten genau ebenso wuchsen, wie die letzteren, so dass man zwischen ihnen keinen Unterschied bezüglich des Wachsthums finden konnte.

Nun wurden die peptonhaltigen alkalischen Bouillonculturen der Typhus- bezw. anderen Bacillen mit Salz- oder Schwefelsäure behandelt, wie bei der Reaction auf Cholerabacterien in der Bouilloncultur; die Reaction fiel aber auch wieder negativ aus.

Da Salkowsky in seiner Mittheilung „Ueber das Choleraroth und das Zustandekommen der Cholerareaction"[2] angegeben hat, dass man dann die stärkste Cholerareaction erhält, wenn man zu 1 procentiger alkalischer Peptonlösung, die, mit Fäcal- oder Fäulnissbacterien geimpft, 24 Stunden bei 36 bis 37 ^{0} gestanden hat, zuerst auf je 10 ^{ccm} 1 ^{ccm} einer Lösung von Kaliumnitrat, die 0·02 in 100 ^{ccm} enthält, und dann Schwefelsäure zusetzt, so habe ich die sämmtlichen zum Versuche angestellten Bacillenarten nach Salkowsky behandelt und dabei gefunden, dass die übrigen ähnlichen Bacillen nach dieser Methode rosarothe Färbungen gaben, während allein die Culturen der Typhusbacillen ungefärbt blieben. Die mehrmals wiederholten Versuche ergaben immer ein und dasselbe Resultat.

Das Verfahren ist folgendes:

Man setzt zu 10 ^{ccm} peptonhaltiger alkalischer Bouilloncultur der zu untersuchenden Bacterien, welche 24 Stunden lang bei Brüttemperatur gestanden hat, 1 ^{ccm} einer Lösung von reinem Kaliumnitrat, die 0·02 in 100 ^{ccm} enthält und dann einige Tropfen concentrirter Schwefelsäure zu, so tritt bei Gegenwart des Indols rosa- oder tiefrothe Färbung ein.

Wie bereits erwähnt, kommt bei der Bouilloncultur der Typhusbacillen diese rothe Reaction nicht vor. Um zu wissen, ob die Typhusbacillen in Bouilloncultur wirklich kein Indol produciren, hat mein Freund Dr. M. Kumagawa ausführliche chemische Untersuchungen angestellt, wofür ich ihm hier an dieser Stelle meinen besten Dank aus-

---

[1] G. Marpmann, *Archiv Pharm.* 1888. p. 682—688.

[2] E. Salkowsky, Virchow's *Archiv.* 1887. Bd. CX. S. 366.

drücke, und dabei festgestellt, dass in der Bouilloncultur der Typhusbacillen weder Indol noch Skatol existirt.

Es wurden ferner sowohl pathogene wie auch nichtpathogene Mikroorganismen auf diese Indolreaction untersucht und es ergab sich, dass einige Bacterien positive und andere negative Reaction gaben, wie die folgende Tabelle lehrt:

Die Indolreaction mit Kaliumnitrat und Schwefelsäure.

positiv		negativ
Cholerabacterien	sehr stark	Typhusbacillen
Hühnercholerabacillen	zieml. stark	Mäusesepticämiebacillen
Kaninchensepticämiebacillen	„ „	Schweinerothlaufbacillen
Schweineseuchebacillen	schwach	Schweinepestbacillen
Taubendiphtheriebacillen	„	Milzbrandbacillen
Tetanusbacillen	stark	Friedländer'sche Bacillen
Rauschbrandbacillen	sehr stark	Fränkel'sche Pneumoniebacillen
Oedembacillen	„	Diphtheriebacillen
Finkler-Prior'sche Spirillen	schwach	Ribbert'sche Bacillen
Deneke'sche Spirillen	„	Tetragenus
Brieger'sche Bacillen	stark	Erysipelkokken
Emmerich'sche Bacillen	„	Bacillen des grünen Eiters
Milchsäurebacillen	„	Staphylococcus aureus
Kothbacillen III und IV	„	„ citreus
Brunnenwasserbac. I bis V	„	„ albus
Spreewasserbacillen I und II	„	Fluorescirende Bacillen
Canaljauchebacillen I bis III	„	Weisse Bacillen
Bodenbacillen I und II	„	Violette Bacillen
		Leuchtbacillen
		Fadenziehende Bacillen aus der Milch
		Bacillen der blauen Milch
		Buttersäurebacillen
		Wurzelbacillen
		Bacillus megaterium
		Miller'sche Spirillen
		Spirillum concentricum
		gelbe Sarcine
		Orange „
		Weisse „
		Oidium lactus

Die gewöhnlich in Milch enthaltenen, auf der Gelatineplatte ähnlich wie Typhusbacillen wachsenden Bacillen sind nur die Milchsäurebacillen, und da die letzteren gerade die positive Reaction hervorrufen, so ist es empfehlenswerth, im Falle die Milch typhusverdächtig erscheint, in einer Bouilloncultur von isolirten Bacillen diese Reaction anzuwenden.

Da die Tetanus-, Oedem- und Rauschbrandbacillen in Bouillon bekanntlich nur bei Luftabschluss wachsen können, so habe ich sie unter Wasserstoff bei Brüttemperatur gezüchtet, nach 24 Stunden die Röhrchen aufgemacht, den Wasserstoff ausgetrieben und dann das Reagens zugesetzt.

Bemerkt sei aber hier, dass alle 16 Bacillen, welche auf Gelatineplatten ein ähnliches Wachsthum hatten, auf gekochten Kartoffelscheiben ganz anders wuchsen, als der Typhusbacillus; man konnte also schon auf den Kartoffeln sofort die Differenzialdiagnose machen.

Diese negative Indolreaction der Typhusbacillen ist also keine bessere Methode als die Züchtung auf Kartoffeln, sie kann aber gegebenen Falles zur Unterstützung der alten Methode von Wichtigkeit werden.

[Aus dem hygienischen Institut zu Berlin.]

Ueber die Verwendung von Carbolseifenlösungen zu Desinfectionszwecken.

Von

Dr. Nocht,
Marinestabsarzt.

In der Desinfectionspraxis sind drei Sorten Carbolsäure in Gebrauch. Erstens die rohe Carbolsäure, zweitens die sogenannte 100procentige Carbolsäure, drittens reine, verflüssigte Carbolsäure. Nur das letztgenannte Präparat führt aber den Namen Carbolsäure mit Recht, während sowohl die rohe, wie die „100procentige" Carbolsäure von Phenol nur wechselnde Mengen enthalten. Beide Präparate bestehen im Wesentlichen aus Gemischen von höheren Homologen des Phenols und Kohlenwasserstoffen. Die rohe Carbolsäure ist in Wasser so gut wie unlöslich; die Löslichkeit der „100procentigen" ist ebenfalls sehr gering und Schwankungen unterworfen. Bei Untersuchungen, welche von Proskauer vor einigen Jahren im Reichsgesundheitsamt angestellt wurden, zeigte sich die „100procentige" Carbolsäure bis zu 3 und 4 Procent in Wasser löslich. Unter den von mir jetzt geprüften Präparaten befanden sich indess auch solche, deren Löslichkeit in Wasser nur ein resp. bis zwei Procent betrug. Die Bezeichnung „100procentig" bezieht sich bei diesem Präparat nicht auf den Gehalt an Phenol, sondern ist davon abgeleitet, dass sich das Präparat mit Natronlauge vollständig lösen resp., wie die technische Bezeichnung lautet, „verseifen" lässt.

Laplace[1] hat gezeigt, wie man die rohe Carbolsäure durch Zusatz von Schwefelsäure in Wasser löslich machen und so eine Flüssigkeit von ganz hervorragender Desinfectionskraft herstellen kann, welche Wirkung,

---

[1] Laplace, *Deutsche medicinische Wochenschrift.* 1887. Nr. 40.

wie von Fränkel[1] dargethan ist, dadurch zu Stande kommt, dass durch die Behandlung mit Schwefelsäure die in reinem Wasser unlöslichen Kresole in Lösung übergehen. Sie sind im Wesentlichen das desinficirende Element in der rohen Carbolsäure, welche seit Auffindung dieser Thatsachen erneute Bedeutung für die Desinfectionspraxis gewonnen hat.

Wegen der stark sauren Eigenschaften dieser mit Schwefelsäure aufgeschlossenen, rohen Carbolsäure ist jedoch die Verwendung derselben nach manchen Richtungen hin beschränkt, namentlich ist diese Mischung für die Desinfection von Kleidern, Leder, Polstersachen, polirten Möbeln etc. nicht zu gebrauchen; man ist daher, wenn man nicht zu der ziemlich kostspieligen, reinen, verflüssigten Carbolsäure greifen will, gezwungen, diese und ähnliche Gegenstände mit der sogenannten 100procent. Carbolsäure zu behandeln, welche sich von der rohen Carbolsäure im äusseren Aussehen für den in Rede stehenden Zweck oft noch vortheilhaft dadurch unterscheidet, dass sie heller ist. Oft ist sogar ein Präparat von ziemlich heller, durchsichtiger Farbe im Handel zu haben. Indessen wechseln Farbenton und Durchsichtigkeit ganz ausserordentlich, was einerseits in der Art der Herstellung, wobei nur auf die vollständige Löslichkeit in Natronlauge Rücksicht genommen wird, andererseits darin seinen Grund hat, dass auch die helleren Sorten mit der Zeit ganz regelmässig nachdunkeln; man ist bisher nicht im Stande, fabrikmässig, ohne erhebliche Preiserhöhung, dauernd eine „100procentige“ Carbolsäure von hellem Farbenton, welche nicht nachdunkelt, zu liefern.

Bei der mangelhaften Löslichkeit der „100procentigen“ Carbolsäure in Wasser bleiben nun in den damit hergestellten, wässrigen Desinfectionsgemischen grosse Mengen der Substanz ungelöst, welche in grösseren und kleineren, mehr weniger dunklen Tropfen theils zu Boden sinken, theils auf der Oberfläche schwimmen. Diese öligen Tropfen setzen sich nun in die behufs Desinfection mit der wässrigen Carbollösung durchweichten resp. abgewaschenen Kleider, Möbelstoffe etc. fest, namentlich Wollstoffe saugen sich mit Energie mit diesen ungelösten, öligen Resten voll und weisen dann dunkle Flecken auf, welche durch Waschen nicht mehr zu entfernen sind.

Schon dieser Uebelstand führt dazu, sich nach einem besseren Lösungsmittel für die „100procentige“ Carbolsäure umzusehen. Dazu kommt aber noch, dass die desinficirende Wirkung solcher wässriger Lösungen wegen der geringen Substanzmengen, welche wirklich in Lösung übergehen, immer eine fragwürdige, jedenfalls wechselnde und unzuverlässige sein wird.

---

[1] Fränkel, *Diese Zeitschrift.* Bd. VI.

Seitdem die Untersuchungen über die Zusammensetzung des Creolin gezeigt haben, dass dasselbe im Wesentlichen aus Phenol und Körpern von ähnlicher Zusammensetzung besteht, welche durch Harzseife in Lösung resp. Emulsion gebracht worden sind, war auch der Weg gegeben, um für die „100 procentige“ Carbolsäure ein besseres, dabei aber nichtätzendes Lösungsmittel zu finden. Henle[1] stellte sich solche Carbollösungen her aus reinem Phenol resp. Cresol und Harzseife, und setzte, um die Mischung dem Creolin möglichst ähnlich zu machen, noch Creolinöl hinzu. Er fand aber auch, dass Seifenzusatz allein reines Phenol resp. Cresol gut löst und dass solche Mischungen eine erhebliche, desinficirende Kraft haben.

Schneider[2] empfiehlt gleiche Mengen von „100 procentiger“ Carbolsäure und von Seife im Dampfbade zusammenzuschmelzen. Das Product löst resp. emulgirt sich in Wasser vollständig. Untersuchungen über die Desinfectionswirkung sind nicht angestellt.

Am einfachsten lässt sich die vollständige Auflösung der „100 procentigen“ Carbolsäure dadurch bewirken, dass man sich eine heisse, wässrige Seifenlösung herstellt und dann die Carbolsäure unter starkem Umschütteln resp. Umrühren hineingiesst. Es bildet sich fast augenblicklich eine ganz klare Lösung von heller bis braunrother Farbe, je nach der Dunkelheit der Carbolsäure, in welcher keine Spur von Oeltropfen mehr zu bemerken ist. Je concentrirter die Seifenlösung genommen wird, desto mehr wird auch Carbolsäure in Lösung gehalten. Dreiprocentige Seifenlösungen lösen bei ca. 60° noch bis zu 6 Procent Carbolsäure klar, sechsprocentige Seifenlösung über 12 Procent Carbolsäure. Dabei ist es gleichgültig, welche Seife angewandt wird, Harzseife, Schmierseife oder gewöhnliche Waschseife leisten die gleichen Dienste. Beim Abkühlen fangen die klaren Carbolseifenlösungen an zu opalesciren und werden schliesslich zu feinen Emulsionen, aus denen aber ebenfalls keine Carbolsäure in Form von grossen Tropfen abgeschieden wird. Dreiprocentige Seifenlösung, in denen 5 Procent Carbolsäure gelöst wurden, bleiben bis zu einer Temperatur von 40° ziemlich durchsichtig, sechsprocentige Seifenlösungen von gleichem Carbolgehalt bleiben auch bei Zimmertemperatur noch durchsichtig.

Stoffe jeder Art — helle, dunkle, wollene Stoffe — auch feine, weisse Leinwand — in solche Carbolseifenlösungen hineingebracht, imprägniren sich ganz gleichmässig und lassen sich auch nach über 24 stündigem Verweilen in der Lösung mit Seifenwasser wieder mit Leichtigkeit so vollkommen auswaschen, dass sie ihre frühere Farbe und Aussehen wieder erhalten. Dabei bleiben sie gänzlich fleckenlos. War die Carbolsäure sehr

---

[1] Henle, *Archiv für Hygiene*. Bd. IX. Hft. 2.

[2] Schneider, *Pharmaceut. Centralhalle*. 1889. Nr. 34.

dunkel gefärbt, so kann es vorkommen, dass helle Flanellstoffe einen leicht röthlichen Farbenton annehmen, der durch Waschen schwer zu entfernen ist. Diese röthliche Färbung ist aber ganz gleichmässig und daher wenig auffällig, bedeutet daher z. B. bei Flanellunterzeug keine wesentliche Beschädigung.

Die desinficirende Kraft solcher Carbolseifenlösungen wurde an Lösungen von 3 % und von 6 % Seifengehalt geprüft, es zeigte sich dabei, dass der Seifengehalt nicht in Frage kommt, dass aber die Temperatur, bei welcher die Desinfection stattfindet, von wesentlichem Einfluss ist. Milzbrandsporen, an Seidenfäden angetrocknet, können in kalten Carbolseifenlösungen sechs Tage und länger verweilen, ohne abgetödtet zu werden — in einzelnen Fällen erfolgte die Desinfection allerdings schon in drei Tagen —; bei ca. 50° jedoch, bei welcher Temperatur die Carbolsäure in völlig klarer Lösung gehalten wird, werden Milzbrandsporen durch eine Carbolseifenlösung von 5 % Carbolsäuregehalt in sechs Stunden abgetödtet. Dass die Leistungsfähigkeit von Desinficientien durch Temperaturunterschiede ganz erheblich beeinflusst wird, darauf hat schon Henle[1] für das Sublimat, Creolin und die Carbolsäure hingewiesen. Augenblicklich bin ich damit beschäftigt, den Umfang und Grad dieser höchst auffälligen Unterschiede in der Wirkung verschiedener Desinfectionsmittel bei verschiedenen Temperaturen zu untersuchen und werde seiner Zeit darüber berichten.

Sporenfreie Bacterien, so Cholera- und Typhusbacillen, Staphylococcus aureus werden auch durch kalte Seifenlösungen von $1^1/_2$ % Carbolsäuregehalt in einer halben Stunde sicher abgetödtet.

Für die Praxis empfiehlt es sich daher, da man mit dem Seifengehalt bis zu 3 Procent heruntergehen kann, um bei 6 Procent Carbolsäuregehalt noch klare Lösungen zu erhalten, sich dreiprocentige, heisse Seifenlösungen herzustellen, in welche dann, je nach der beabsichtigten Stärke der desinficirenden Einwirkung bis zu 5 Procent der „100 procentigen“ Carbolsäure hineingegossen werden. In dieser Lösung können dann Kleider etc. bei höherer Temperatur, z. B. 40 bis 50°, eingeweicht gehalten, Ledersachen mit der Lösung abgewaschen werden, ohne dass die betreffenden Gegenstände Schaden erleiden.

Mit der ganz rohen Carbolsäure geben Seifenlösungen keine ganz klaren Lösungen, es bleiben dabei immer schwärzliche, ungelöste Massen suspendirt, welche sich auf Kleidern etc. niederschlagen und Flecke verursachen können. Auch ist es mir nicht gelungen, Milzbrandsporen durch heisse Seifenlösungen, welche ganz rohe Carbolsäure gelöst enthielten, mit Sicherheit abzutödten.

---

[1] Henle, a. a. O.





Fig. 1.

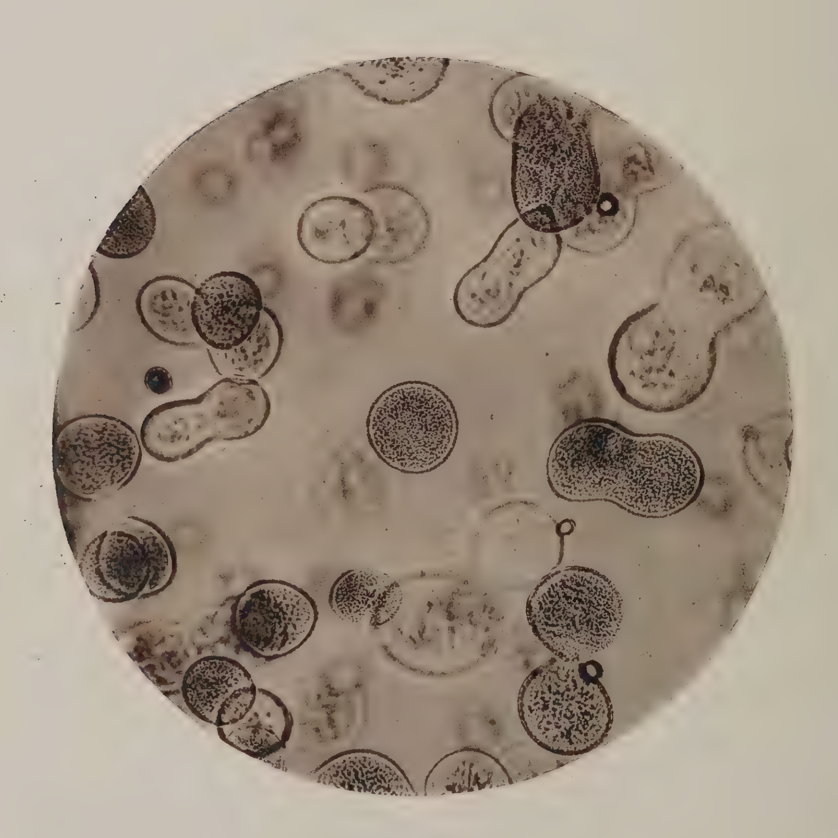


Fig. 2.

Verlag Ve

Glacédruck von J.



Fig 3



Fig. 4.



Fig. 5.

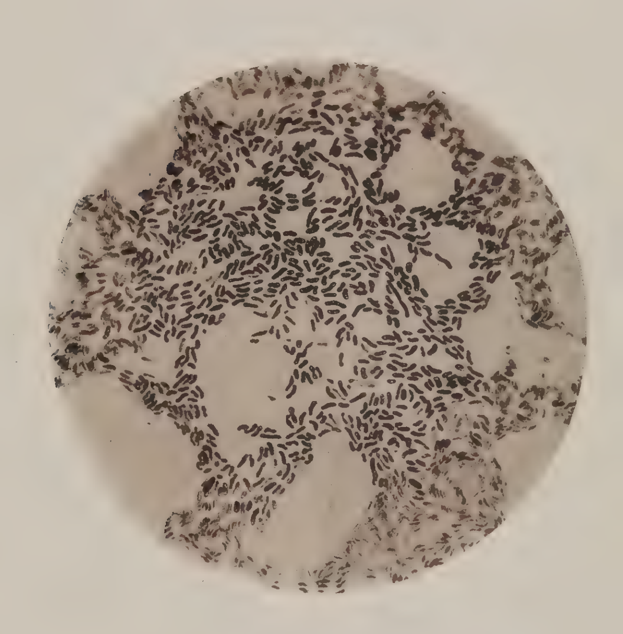


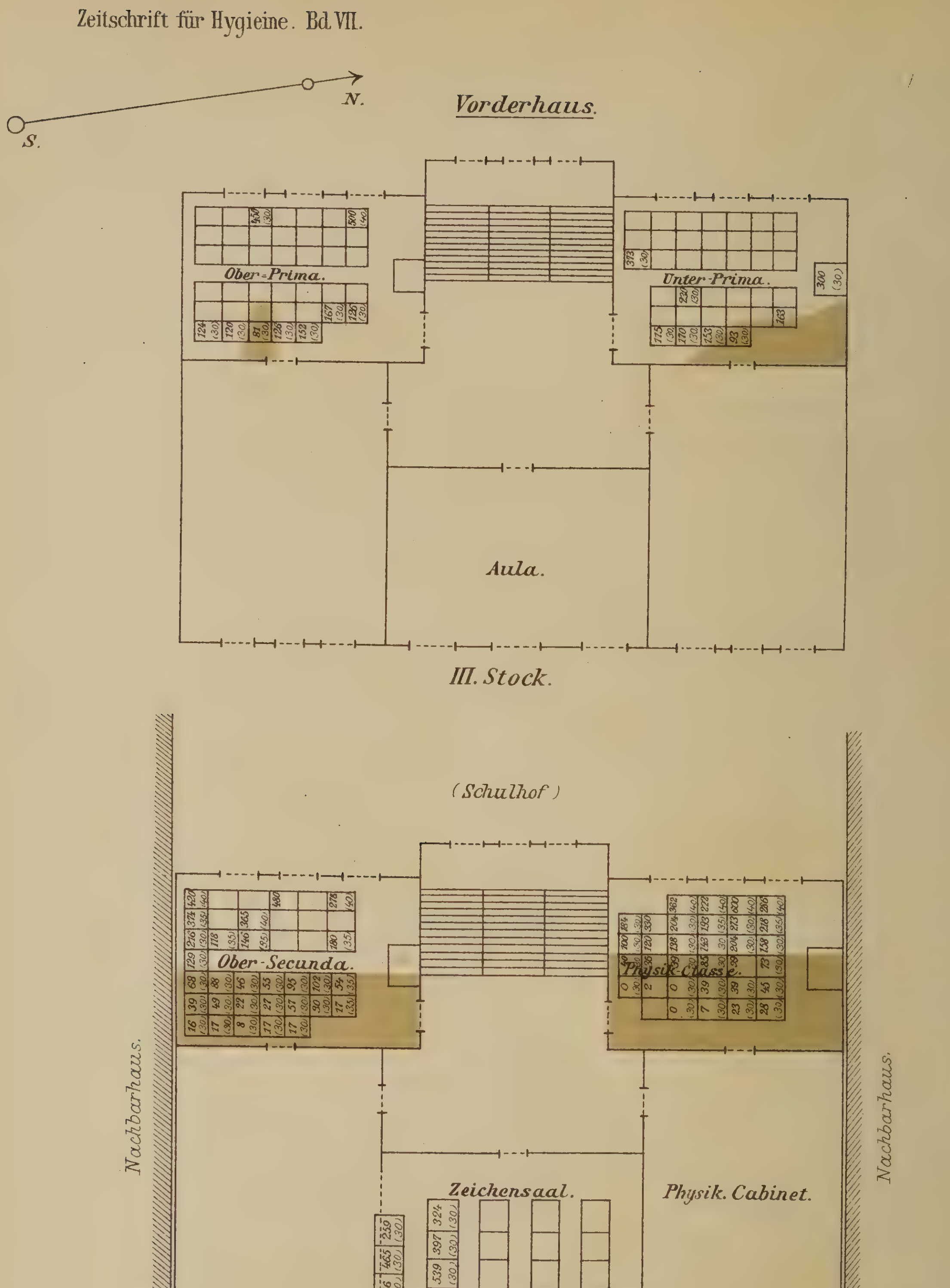
Fig. 6.

mp. Leipzig.

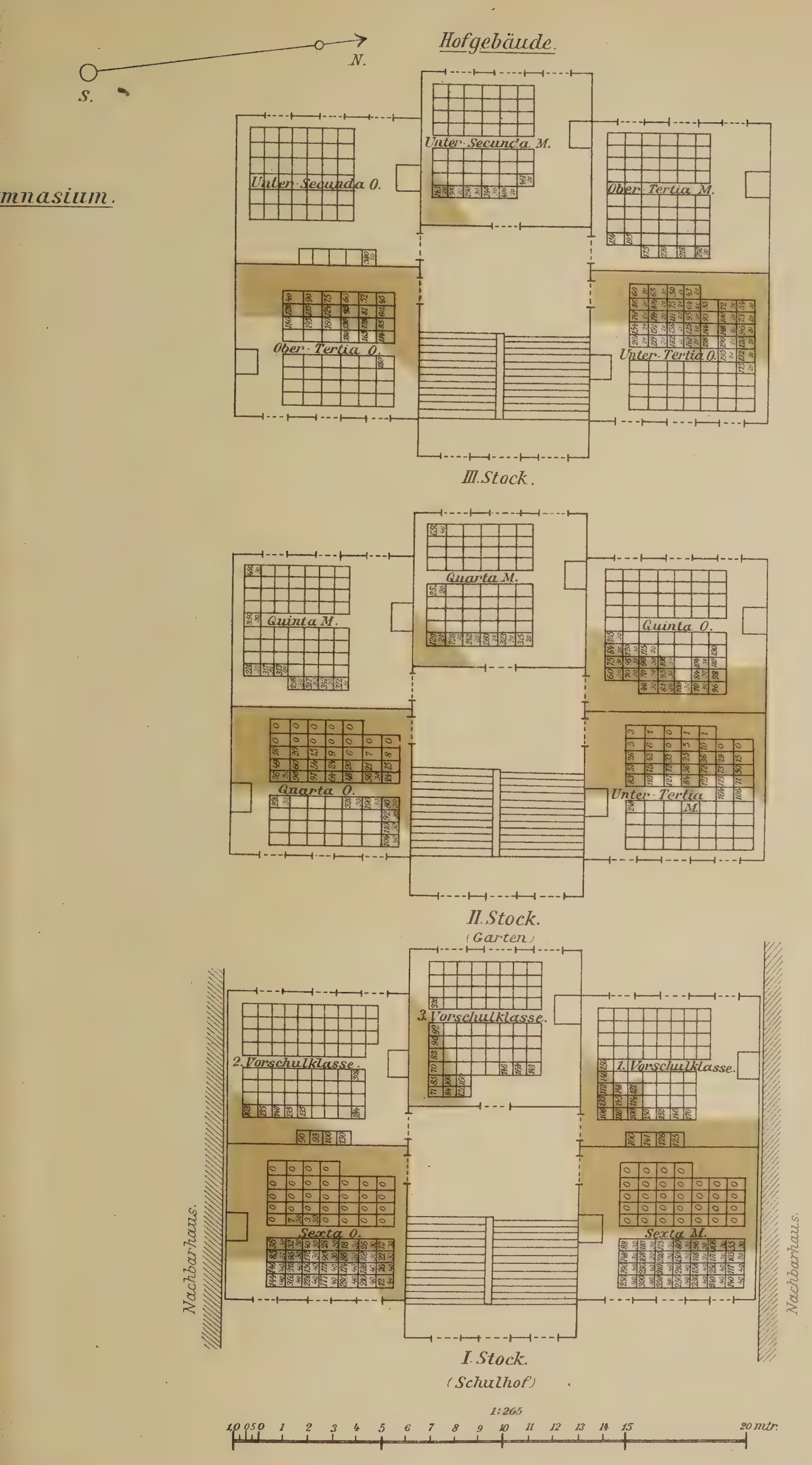
rnetter, München.






S.
N.
Vorderhaus.
Ober-Prima.
Unter-Prima.
Aula.
III. Stock.
(Schulhof)
Ober-Secunda.
Physik-Classe.
Nachbarhaus.
Zeichensaal.
Physik. Cabinet.
Nachbarhaus.
II. Stock.
(Friedrichstrasse)
1: 265
20 mtr.

Friedrich

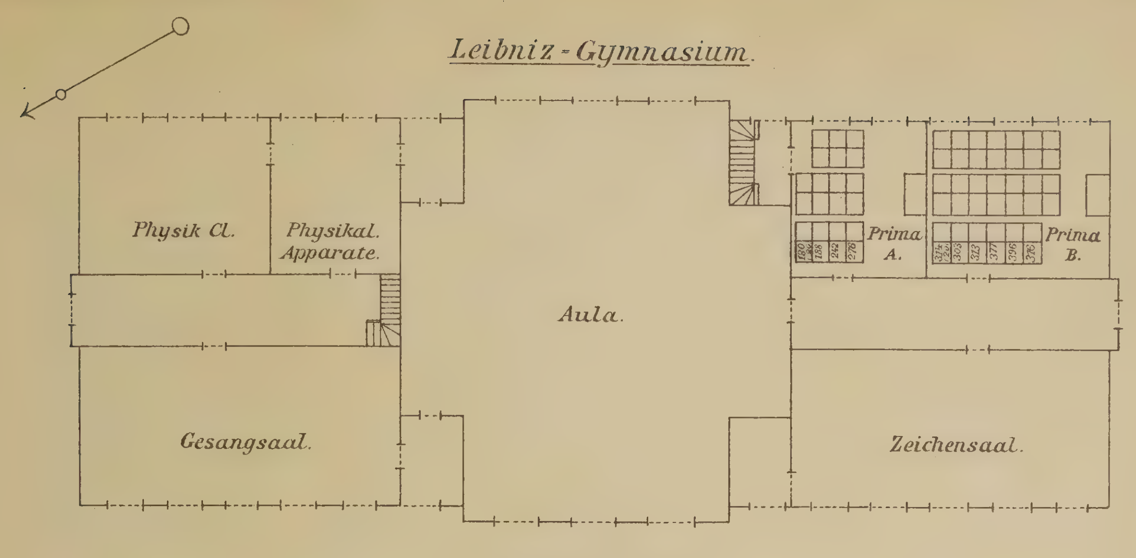


p. Leipzig.

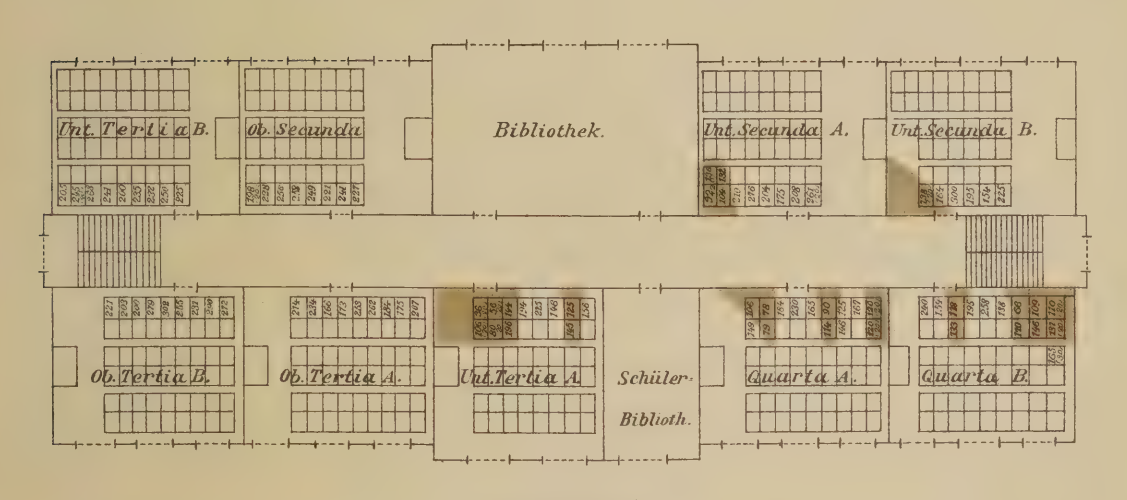
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.



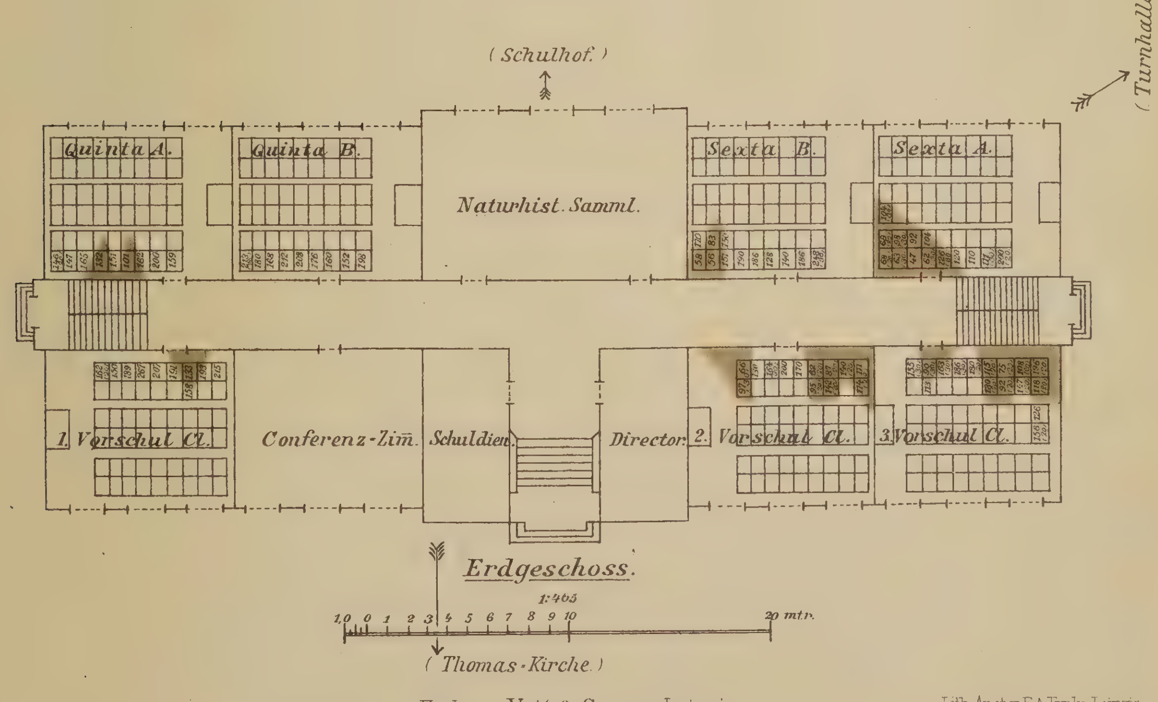
Leibniz-Gymnasium.



Zweiter Stock.



Erster Stock.



Erdgeschoss.

Verlag Veit & Comp. Leipzig.
Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig.



